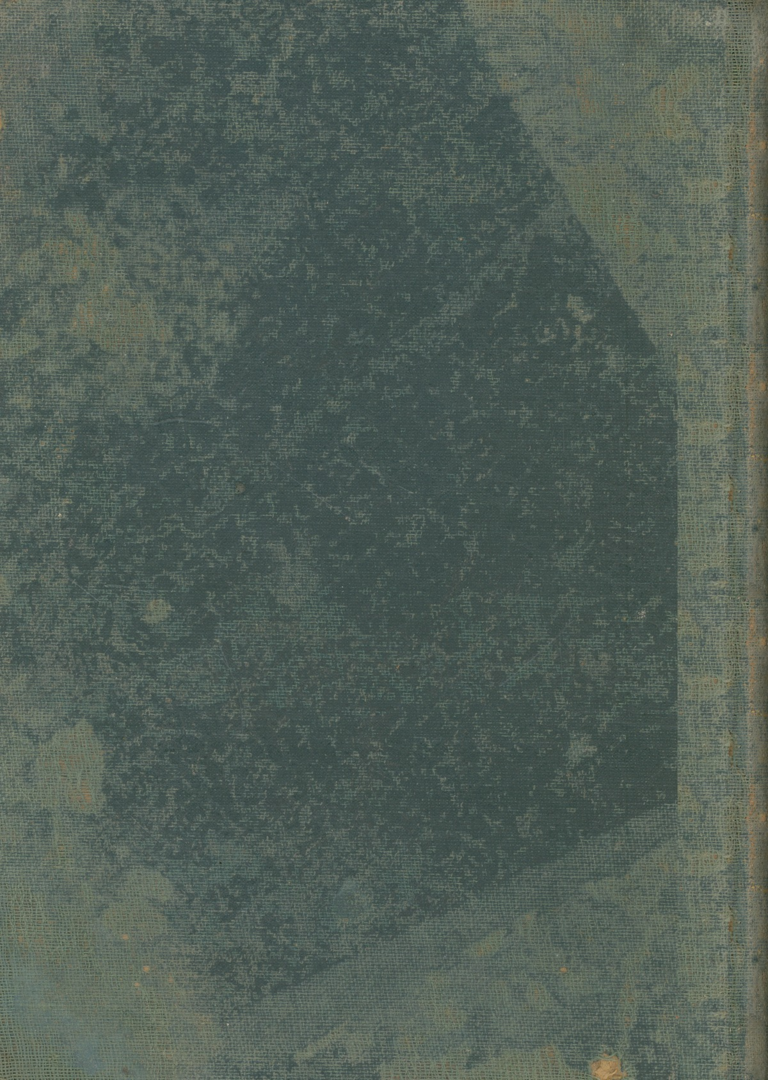




الجزء الأول

النظريات والتطبيقات الاولية

تأليف

سيد فهمى

دبلوم الهندسة ، شهادة الشرف من الدرجة الاولى ،
شهادة أستاذ فى الهندسة ، عضو بجمعية المهندسين
الكهربائيين البريطانية ، مدالية راثبون فى الهندسة ،
المراقب المساعد للتعليم الفنى

و



درجة بكالوريوس علوم فى الهندسة الكهربائية
شهادة التمرين العملى من معامل لا نكشير بمانشستر
منتسب لجماعة المهندسين الكهربائيين البريطانية
أستاذ الكهرباء بمدرسة الفنون والصنايع بالقاهرة

« الطبعة الاولى »

١٣٤٨ هـ — ١٩٣٠ م

رقم التسجيل

المطبعة الحديثة بشارع خيرت بالقاهرة

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

الى اخواننا الاساتذة وابنائنا الطلبة نقدم كتابنا هذا فى مادة الكهرباء

ولسنا على يقين مما اذا كان كتابنا هذا أول كتب الهندسة الكهربائية الفنية التى وضعت باللغة العربية ولكن احتياجات التعليم في الوقت الحاضر لوجود كتب فنية كثيرة باللغة العربية تجعلنا نقدم على هذا العمل واذا كان غيرنا قد سبقنا الى وضع كتاب فى هذه المادة باللغة العربية فاننا نحتفظ له بهذا الحق

ومع ان الغرض الاساسى الذى وضع من اجله هذا الكتاب هو ان يكون كتابا عمليا . إلا أننا وجدنا أنه لا يمكن أن نبتدىء بالجزء العملى المطلوب قبل ان نضع جزءا آخر يشمل الجزء النظرى من هذه المادة وهذا الجزء الآخر هو الذي بيدنا الآن

ورجاؤنا من الله تعالى ان يوفقنا الى عمل الجزء الثانى العملى الذى هو فى الحقيقة قصدنا من وضع هذا الكتاب

على اننا قد وجدنا انه من الضروري ان نضيف الى هذا الجزء مقدارا لا بأس به من الجزء العملى من المادة تمهيدا لما سيأتى بعد في الجزء الثانى مراعين فى ذلك ان لا يزيد مستوى الجزء الاول عن المبادىء الاولية التى يجب على طالب الهندسة الكهربائية معرفتها فى دراسته الاولى

كما أننا راعينا استعمال الاصطلاحات الفنية الشائعة إما نقلا عن كتب سبق وضعها باللغة العربية او من الكلمات التى يستعملها العمال فى المصانع او غير ذلك ونحن على استعداد لقبول جميع الملاحظات بخصوص هذه المسميات او بخصوص اى شىء فى موضوع الكتاب نفسه مع تقديم شكرنا لكل من يتكرم بابداء ذلك

واخيرا نرجو الله ان يوفقنا جميعا لما فيه المصلحة العامة وان يجعل كتابنا هذا نافعا ، إنه على كل شىء قدير ؟

المؤلفان



فهرس الكتاب

صفحة

الكلمة الاولى ١

انتشار استعمال القوى الكهربائية ١—٢

نوعا الكهربائية ٢—٣

دراسة الكهرباء الاستاتيكية ٣

استعمال الكهرباء ٣—٤

ميزات القوي الكهربائية ٤—٦

طرق توليد الكهرباء الديناميكية ٧

(الفصل الاول — المغناطيس)

الباب الاول : (المغناطيس الطبيعى) ١٢—١٥

المغناطيس الصناعى ١٦—٢٢

خواص المغناطيس ٢٢

الكرة الارضية مغناطيس ٢٢—٢٣

الباب الثانى : (نظرية المغناطيس) ٢٥—٣٠

التشبع المغناطيسى ٣٠—٣٢

نتائج أخرى ٣٢—٣٤

الباب الثالث : (طرق التمغطس) ٣٥—٤٠

المغناطيس المركب ٤٠—٤١

	صفحة
الفرق بين الحديد والصلب	٤١ — ٤٢
الحوافظ	٤٢ — ٤٣
الباب الرابع : (القوة المغناطيسة)	٤٥ — ٤٨
شدة القطب المغناطيسى	٤٨ — ٥٠
طرق مقارنة شدة أقطاب مختلفة	٥٠ — ٥٣
طريقة التذبذب وطريقة الانحراف	٥٣ — ٦٢
خطوط القوى المغناطيسية	٦٢ — ٦٦
المجالات المغناطيسية	٦٦ — ٧٩
الباب الخامس : (معلومات وتطبيقات)	٨١ — ٨٤
معامل النفاذ	٨٤ — ٨٨
المغناطيس الكهربائى	٨٨ — ٩٠
المغناطيس فى المولدات والمحركات	٩٠ — ٩٣
اشكال الاقطاب المغناطيسية للمولد	٩٣ — ٩٤
أشكال واصلات الاقطاب	٩٥ — ٩٦
الباب السادس : (المغناطيسية الارضية)	٩٦ — ١٠٢
طريقة قياس الانحراف	١٠٢ — ١٠٦
الميل	١٠٦ — ١٢٣
البوصلة البحرية	١٢٣ — ١٢٧

صفحة

(الفصل الثانى ـ الكهرباء الديناميكية)

الباب الاول : (الاعمدة الابتدائية)

نوعا الكهربائية	١٢٨ — ١٣٠
الفرق بين نوعى الكهربائية	١٣٠ — ١٣١
منشأ التيار الكهربائى	١٣١ — ١٣٢
شرح عمل العمود البسيط	١٣٢ — ١٣٤
إثبات أن جهد النحاس اكبر من جهد الخارصين	١٣٤ — ١٣٥
نوع الخارصين المستعمل والتفاعل الموضعى	١٣٥ — ١٣٧
الاستقطاب	١٣٧ — ١٣٨
انواع الألواح المستعملة	١٣٩ — ١٤٠
عمود دانيال	١٤١ — ١٤٢
« بنزن أو جروف	١٤٢ — ١٤٣
عمود لكلانشيه	١٤٣ — ١٤٥
عمود بيكرومات البوتاسيوم	١٤٥ — ١٤٦
العمود الجاف	١٤٦ — ١٤٨
عمود كلارك	١٥٦ — ١٥١
البطاريات الكهربائية	١٥١ — ١٥٧

صفحة

الباب الثانى : (تأثيرات التيار الـكهربائية)

التأثيرات المغناطيسية	١٥٩—١٦٢
قاعدة أمبير	١٦٣ - ١٦٩
قاعدة اليد اليمنى	١٦٩ — ١٧٠
قاعدة البريمة	١٧٠—١٧١
المجال الناشئ من تيار يمر فى سلك على على شكل دائرة	١٧٠—١٧٦
الاشارات المستعملة	١٧٦—١٧٧
الأسلاك المتوازية	١٧٧—١٨١
الجلفانسكوب	١٨١ — ١٨٥
الجلفانومتر ذو الابرة الاستاتيكية	١٨٥ — ١٨٨
« « الظل	١٨٨—١٩٠
« « الجيب	١٩٠—١٩٢
« « المرآة	١٩٢— ١٩٣

الباب الثالث : (التأثيرات الـكيميائية)

تحليل الماء	١٩٤—١٩٦
تحليل كبريتات النحاس	١٩٦—١٩٧
نظرية التحليل	١٩٧—١٩٩
الأسماء التى تستعمل فى التحليل	١٩٩—٢٠٠
قوانين التحليل	٢٠٠—٢٠٢

	صفحة
القوة الدافعة الكهربائية المضادة	٢٠٤ — ٢٠٦
النكاشة	٢٠٦ — ٢١٠

الباب الرابع: (الوحدات الكهربائية وقانون أوهم)

الوحدات المستعملة في الكهرباء	٢١٢ — ٢١٥
التيار الكهربائى	٢١٥ — ٢١٦
الجهد	٢١٦ — ٢١٨
السعة	٢١٩ — ٢٢٢
العلاقة بين الوحدات المختلفة للسعة	٢٢٢ — ٢٢٣
المقاومة	٢٢٣ — ٢٢٤
قانون أوهم و إثباته بالتجربة	٢٢٨ — ٢٣٦
المقاومة النوعية	٢٣٦ — ٢٣٧
المقادير العيارية لبعض الوحدات	٢٣٨ — ٢٤١
التأثيرات الحرارية	٢٤٢ — ٢٤٤
الطاقة الكهربائية	٢٤٤ — ٢٤٦
مكافئ جول	٢٤٦ — ٢٤٩
تقدير الثمن لاستهلاك القدرة	٢٤٩ — ٢٥٠

الباب الخامس: (تطبيقات على قانون أوهم)

التوصيل على التوالى	٢٦٢ — ٢٦٣
التوصيل على التوازى	٢٦٣ — ٢٦٩
سقوط الجهد على طول موصل	٢٧٠ — ٢٧٦

صفحة

المقاومة الداخلية للبطاريات ٢٧٦—٢٨٠
قصر الدائرة ٢٨٠—٢٨١
قصر الدائرة فى المولدات ٢٨١—٢٨١
الفرق بين القوة الدافعة وفرق الجهد للعمود ٢٨٢—٢٨٨
التوصيل على التوالى ٢٨٨—٢٩١
التوصيل على التوازى ٢٩١—٢٩٢
« « التضاعف ٢٩٢—٢٩٣
« « التضاد ٢٩٤—٢٩٥
الاصطلاحات المتبعة لرسم الدوائر الكهربائية ٢٩٩—٣٠١

الباب السادس : (طرق قياس المقاومة)

طريقة قياس المقاومة بواسطة امبير متر و فولتمتر ٣٠٧—٣٠٨
طريقة قياس المقاومة بالتعويض ٣٠٨—٣٠٩
« « « بواسطة مقاومة معلومة ٣٠٩—٣١٠
طريقة قياس المقاومة بواسطة كوبري ويت ستون ٣١٠—٣١١
طريقة قياس المقاومة بواسطة السلك المترى ٣١٢—٣١٣

صفحة

طريقة قياس المقاومة بواسطة صندوق مصلحة البوستة ٣١٣—٣١٦

الأوهمتر ٣١٦—٣١٨

الميجر ٣١٨—٣٢٠

صناديق المقاومات ٣٢٠—٣٢٣

المعامل الحراري للمقاومات ٣٢٣—٣٢٦

الباب السابع : (الموصلات وأنواعها)

الموصلات والكابل ٣٢٨—٣٣٩

انواع الموصلات ٣٣٩—٣٤٢

طرق وضع السلوك داخل المنازل ٣٤٢—٣٥٠

المصهرات ٣٥٠—٣٥٤

الباب الثامن : (الاضاءة)

الضوء والاستضاءة ٣٥٥—٣٥٨

تقدير قوة الاضاءة ٣٥٨—٣٦٠

الاستضاءة والسطوح اللامعة ٣٦٠

منحنيات توزيع الضوء ٣٦١—٣٦٦

الباب التاسع : (المصابيح والاجراس الكهربائية)

المصابيح الكهربائية ٣٦٩—٣٧٤

كيفية عمل المصابيح ٣٧٤—٣٧٨

القوس الكهربائى ٣٧٨—٣٨٢

صفحة

الجهاز الأتوماتيكى ٣٨٢—٣٨٤
طرق توصيل المصابيح ٣٨٥—٣٨٨
طرق التوصيل داخل المنازل والفنادق ٣٨٨—٣٩٤
المفاتيح ٣٩٤—٤٠٠
ورد السقوف ٤٠١—٤٠٢
مساك المصباح ٤٠٢—٤٠٣
البرايز ٤٠٤
الجرس البسيط ٤٠٥—٤٠٨
الجرس المستمر الدق ٤٠٨—٤١٠
المتممات ٤١٠—٤١١
المبين ٤١١—٤١٢

الباب العاشر : (أجهزة القياس)

الأمبيرمتر ذو السلك الحرارى ٤١٣—٤١٦
« « الملف المتحرك ٤١٦—٤١٨
« « القلب المتحرك ٤١٩—٤٢٠
الأمبيرمترات القانونية ٤٢٠—٤٢١
المجزىء أو الشنط ٤٢١—٤٢٢
الفولتمترات ٤٢٣—٤٢٥
الفولتمتر الالكتروستاتيكى ٤٢٥—٤٢٨
البوتانشيومتر ٤٢٩—٤٣٥

	صفحة
الواتمترات	٤٣٥—٤٣٨
العداد	٤٣٨—٤٤١

الباب الحادى عشر : (الأعمدة الثانوية أو المراكم)

شرح الأعمدة الثانوية	٤٤٢—٤٤٧
الجهد والتيار للعمود	٤٤٧—٤٥٠
عيوب البطاريات الثانوية	٤٥١—٤٥٢
فوائد البطاريات الثانوية	٤٥٢—٤٥٣
تقدير سعة البطارية وجودتها	٤٥٣—٤٥٥
أنواع البطاريات	٤٥٥—٤٦١
الأعمدة النيكلية	٤٦١—٤٦٣
ملاحظات عملية على تشغيل البطاريات	٤٦٣—٤٦٦
الايدرومترات	٤٦٦—٤٧١

الباب الثانى عشر : (قوانين التأثير)

العلاقة بين التيار الكهربائى والمجال المغناطيسى	٤٧١—٤٧٤
التيارات المنتجة من التيار الكهربائى	٤٧٤—٤٨٠
الاستنتاج المتبادل	٤٨٠—٤٨١
الاستنتاج النفسى	٤٨١—٤٨٣
ملف رمكورف	٤٨٣—٤٨٥
التلفون الكهربائى	٤٨٥—٤٨٩

	صفحة
نظرية المولد (الدينامو)	٤٨٩ — ٤٩٦
نظرية الموتور الكهربائى	٤٩٦ — ٥٠٠

الباب الثالث عشر :

ألواح التوزيع	٥٠٠ — ٥٠٩
المصابيح الكشافة	٥١٠ — ٥١٢



الخطأ والصواب

صفحة	سطر	الخطأ	الصواب
١٩	٩	يتحرك الجسمين	بتحرك أحد الجسمين
٣٣	٣	الفرض	القرض
٩٧	١	تصوير	تصور
١٠٧	١٥	هو خط عمودى	عموديا
١١٢	١٩	الخط الراسى	الخط الأفقى
	١٤	عند ح	فى المكان ح
١١٣		الميل ﮪ ا	الميل ا م
١٥٦			شكل (١٠٠) المجموعة التى على اليمين تزداد بمقدار أربعة أعمدة عن الاصل
١٧٥	٢٠	اللف	الملف
١٧٦	١	للف	للملف
٢٢٢	١١	البكرة	السكرة
٢٣٣	١١	الفولتامتر	الفولتمتر
٢٣٤		العولتامتر	الفولتمتر
٢٦٦	٩	طرقيه	طريقة
٣٠٥	١١	طرف	طرفى
٣٢٣	١١	درجة الحرارة ١ر٧٦	درجة الحرارة ١ر١٦
٣٣٢	٢	كبر قطر السلك	كبر رقم السلك
٤٥٠	٢	١٩٠ فولت	١٠٠ فولت

الكلمة الأولى

القوى الكهربائية ومميزاتها :

(بند ١) انتشار استعمال القوي الكهربائية وتعدد فروع دراستها : —

انتشر استعمال القوي الكهربائية في الحياة العملية انتشارا سريعا في هذه الأيام حتى أنه أصبح عاما في جميع الممالك المتمدينة بحيث لانكون مبالغين اذا قلنا إنه لا يخلو منها منزل فى مدنها الكبيرة وأصبح معدل مايستهلك من هذه القوة الكهربائية لكل شخص من هذه المدن مقياسا لمقدار ماوصلت اليه من الرقى

ولا نزال نري الى يومنا هذا اختراعات حديثة ونظريات جديدة لم نكن نظن من عهد قريب أننا سنصل اليها ولانزال ننتظر اكثر من ذلك في المستقبل القريب

ولقد كانت نتيجة هذا التقدم السريع فى فن الكهرباء وكثرة مخترعاته ونظرياته هذه الكثرة العظيمة أن أصبح العلماء أنفسهم غير قادرين على الالمام بجميع نواحى هذا العلم وكل مايمكن لأحد هؤلاء العلماء هو ان يكون مختصا فى فرع من هذه المادة إذ تكون دراسة هذا الفرع دراسة وافية وحدها كافية لأن

تشغل سنين عديدة من زمنه لهذا تجد فى هذا العلم فروعا كثيرة لم يسبق ان انقسم اليها أي علم آخر من علومنا الحديثة او القديمة فمن فن تصميم وصناعة الآلات الكهربائية الى فن توصيل الأسلاك للأنارة الى فن توزيع القوة الكهربائية الى فن القاطرات الكهربائية الى فن اللاسلكى الى غير ذلك

وترى من هذا ان وضع كتاب عام يشمل جميع أطراف هذا العلم بجميع فروعه شيء خارج عن مقدور أي شخص مهما بلغت مقدرته العلمية والعملية

نذكر هذا لنبين للقاريء موقفنا من وضع كتاب في هذه المادة ولنبين له أننا سوف نقتصر على المباديء الأولية فى هذا العلم طبقا لمناهج وضعت لمدارسنا المصرية لكى نصل بالطالب الى الدرجة التى بعدها يصبح قادرا على أن يوجه دراسته الى الفرع الخاص الذى يريد الاشتغال به

(بند ٢) نوعا الكهربائية : —

أول ما عرف من الكهرباء من زمن بعيد هو النوع المسمى « الكهرباء الاستاتيكية » وكانت جميع التجارب التى تعمل عليه لها قيمتها العلمية فقط واما من الوجهة العملية فلم تكن لها أى قيمة تذكر ولقد استمر الحال على ذلك مئات عديدة من السنين الى أن اكتشف النوع الثانى من الكهرباء المسمى «الكهرباء الديناميكية» أو «الكهرباء ذات التيار» وهى التى تسرى في الجسم باستمرار لزمن

محسوس و يمكن الحصول عليها بالطريقتين الاساسيتين الآتيتين : ـ

(ا) من العمد أو البطاريات الكهربائية

(ب) من الآلة المولدة للكهربائية و التى تسمى دينامو

وهذا النوع الأخير هو الاكثر استعمالا في حياتنا العملية الآن فى طرق شتى

(بند ٣) دراسة الكهرباء الأستاتيكية : —

قد يتبادر للذهن أننا إذن من الوجهة العملية فى دراسة الكهرباء يمكننا أن نستغنى عن دراسة الاستاتيكية منها وهذا صحيح لحد ما و بالفعل قبل بضع السنين الأخيرة كان جل الدراسة العملية لمن يريد الاشتغال بالكهرباء هى دراسة النوع الثانى منها حتى أنك تجد ان بعض الكتب العملية تهمل الكهرباء الاستاتيكية اهمالا تاما ولكن لمن أراد البحث فى نظريات الكهرباء الديناميكية بحثا وافيا خصوصا عند دراسة التيارات المنعكسة وعند استعمال جهود كبيرة جدا كما هو حاصل الآن في الخطوط والمحطات التى توزع الكهرباء مسافات بعيدة يجب علينا دراسة الكهرباء الاستاتيكية

و لكننا سوف لانتوسع في هذا الموضوع لأن مستوي هذا الكتاب لايسمح بذلك

(بند ٤) استعمال الكهرباء : —

تستعمل الكهرباء عمليا في الاحوال الآتية :—

(أولا) للتدفئة و للطبخ والكى وتسخين المياه و للأنارة

بواسطة المصابيح الكهربائية المختلفة الأنواع وغير ذلك من التأثيرات الحرارية التى يحدثها التيار

(ثانيا) لأدارة الآلات فى الورش والمصانع وغيرها وتسيير عربات الترام والسكك الحديدية وآلات أخري كثيرة

(ثالثا) فى التحاليل الكيماوية لأن التيار الكهربائى اذا مر فى جسم أمكن أن يحلله الى عناصره الأولية وبهذه الطريقة يمكن الحصول على المعادن من خاماتها كما أنه يمكن استعمال الكهرباء لتركيب مواد من عناصر مختلفة كما فى عملية الازوتات أو السباخ الكيماوى وكذلك صهر المعادن وغير ذلك كما أنها تستعمل في الطلاء وهى عملية تغطية معدن بآخر .

(بند ٥) مميزات القوى الكهربائية :—

تمتاز القوة الكهربائية عن غيرها من القوى الاخرى بما يأتى :—

(أولا) يمكن نقل القوة الكهربائية بواسطة أسلاك الى مسافات بعيدة من محطة توليدها بدون .فقد كثير من هذه القوة على مسافة النقل أو عمل تكاليف باهظة وقد تجد الآن هذا النقل الكهربائى على مسافات تقدر بمئات الأميال فى أغلب الممالك المتمدينة

فلو قارنا هذا بما يمكن عمله فى حالة نقل القوة الميكانيكية نجد أن الميزة عظيمة جدا

(ثانيا) اذا استعملت آلات تدار بالكهرباء فى مكان ما أمكن أن يكون هذا المكان من النظافة والنظام بما لا يتأتى

لمثله يولد القوة الميكانيكية من وابورات بخار أو غاز أو زيت أو غيره . ويجب أن لا يفوتنا أن هذه الكهرباء التى تصل الينا لندير بها آلاتنا الكهربائية إنما تولدت بواسطة آلات تدار بالبخار أو الزيت أو غيره ولكن الفرق أن عملية توليد الكهرباء تحصر هذا العمل فى جهة واحدة وهى المحطة الرئيسية للتوليد وتصبح جميع الاماكن الأخري التى تحتاج الى قوة لادارتها فى غنى عن هذه الوابورات

(ثالثا) الآلات الكهربائية سريعة الابتداء في الحركة إذا قورنت بالآلات البخارية أو الآلات الزيتية لأنها لا تحتاج إلى أكثر من بضع دقائق لكى تبتدىء فى عملها

(رابعا) مميزات الانارة الكهربائية على الطرق الأخرى للانارة مثل غاز الاستصباح أو المصابيح الزيتية أو غيرها واضحة لا تحتاج الى مقارنة

(خامسا) القطارات الكهربائية تمتاز عن القطارات التى تشتغل بالبخار من أوجه كثيرة منها

(ا) امكان القيام من المحطة بسرعة اكثر والوقوف كذلك فتصبح الحركة أسرع بواسطة الكهرباء مع أن السرعة العظمى في حالة الكهرباء قد لا تكون اكثر من السرعة العظمى في حالة البخار ولذلك نجد ان جميع خطوط الضواحى لعواصم المدن تكون دائما بقاطرات كهربائية لوجود محطات كثيرة قريبة المسافة تحتاج الى الوقوف والقيام عدة مرات

(ب) لا يوجد دخان او غيره مما يجعل استعمال الكهرباء داعيا للنظافة والراحة العامة

(ح) القاطرات الكهربائية أقدر من غيرها على احداث قوة كبيرة وقتية لاتتأتى بالبخار ولذلك يمكن لهذه القاطرات أن تصعد على ميل كبير في الجهات الجبلية مثلا بدون أن تكون قدرتها التى صممت من أجلها عظيمة جدا

(ء) القوة المستعملة فى القاطرات الكهربائية تكون صفرا عند ما تقف هذه القاطرات مع أن الالات البخارية يجب أن يكون وقودها مستمرا وإلا وقف سيرها نهائيا

(سادسا) في المراكز الصناعية الكبيرة يمكن ان يحصل اقتصاد كبير فى ما يصرف في القوة للمصانع المختلفة فى هذا المركز اذا وجدت محطة تولد مقدار من الطاقة الكهربائية يكفى للجميع وتوزع عليها لأن ذلك يجعل مقدار ما يصرفه أي مصنع على حدة اذا استعمل الكهرباء أقل مما لو أن هذا المصنع ولد قوته اللازمة له على حدة بواسطة الآلات أو الوابورات البخارية أو غيرها

(سابعا) بما أن القوة الكهربائية يمكن نقلها إلى مسافات بعيدة لذلك أمكن في كثير من الأحوال توليد هذه القوة بمصروفات قليلة جدا من مساقط المياه وارسالها الى الجهة التى تحتاج اليها

وليس أدل على الفوائد العظيمة للكهرباء سواء أكانت اقتصادية أم غيرها مما نلاحظه اليوم في انتشار استعمالها

(بند ٦) طرق توليد الكهربائية الديناميكية : ـــ

قلنا فى بند (٢) إن التيار الكهربائى يتولد من أصلين :

(ا) البطاريات وفي هذه تتحول الطاقة الكيماوية إلى طاقة كهربائية

(ب) المولدات أو الديناموات وفى هذه تتحول الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية

والطريقة الأولى هى التى استعملت أولا والتيار المأخوذ من هذه البطاريات محدود المقدار والطاقة التى نحصل عليها كذلك محدودة ، زيادة على ان هذه العملية لها متاعبها الخاصة وتكاليفها الكثيرة غير أننا سنرى بعد أنه مع كل هذا لاتزاللهذه البطاريات فوائد جمة بحيث لا تزال تستعمل الى الآن لاغراض خاصة

اما الطريقة الثانية طريقة استعمال الديناموات فهى الطريقة الحديثة والاكثر شيوعا الآن وهىنتيجة اكتشاف العالم الشهير فراداى سنة ١٨٣١ و يعتبر المهندسون الكهربائيون هذا التاريخ مبدأ تاريخ فن الهندسةالكهربائية للاسباب التى سنبينها بعد

الفصل الاول

المغناطيس

الباب الاول : —

(بند ٧) المغناطيس الطبيعي : —

عثر القدماء من زمن بعيد على معدن يستخرج من الارض باشكال غير منتظمة له خاصيتان أساسيتان هما :

(ا) اذا علق تعليقا خالصا بخيط اتجه في جهة ثابتة دائما. بحيث اذا أزيح قليلا عن هذا الوضع تذبذب حوله ورجع بعد زمن ما الى وضعه الاصلي

(ب) اذا غمس في برادة الحديد علق به جزء منها بكثرة فى موضعين وبقلة فى المواضع الاخري

وهذا المعدن هو في الحقيقة أوكسيد الحديد وتركيبه الكيماوي ح٣ا٤ ويحتوي على ٧٢ ٪ من مادة الحديد

وأول مكان وجد به هذا المعدن هو بلده مغنسيا بآسيا الصغرى ولذا يسمى « مغناطيسا » نسبة اليها كما أنه يوجد أيضا ببلاد أخرى في أوربا وأمريكا

هذا المعدن هو الذي نسميه المغناطيس الطبيعى والتجارب الآتية توضح هاتين الخاصيتين لهذا المعدن

تجربة (١) [للمعلم فقط]

خذ قطعة من حجر المغناطيس الطبيعى واربطها بخيط وعلقها تعليقا خالصا بهـذا الخيط من حامل فتجد ان القطعة تثبت بعد قليل لتتجه بطولها الى جهة خاصة

حرك القطعة في مستوي أفقى بزاوية صغيرة ثم اتركها تجد أنهـا تتذبذب قليلا حول موضعها الأصلى الى أن تقف فيه ثانيا شكل(١)

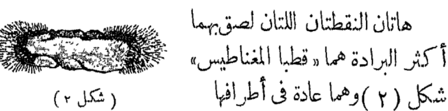
(شكل ١)

يبين المعـلم هنا للطلبة أن أحد طرفي القطعة يتجه الى الشمال والآخر يتجه الى الجنوب

تجربة (٢) [للمعلم فقط]

خذ قطعة المغناطيس الطبيعى واغمسها فى برادة الحديد وبين أن مقدارا كبيرا من البرادة قد علق بجزءين من القطعة فقط مع التصاق قليل من البرادة في المواضع الاخري

هاتان النقطتان اللتان لصق بهما أكثر البرادة هما « قطبا المغناطيس» شكل (٢)وهما عادة فى أطرافها



(شكل ٢)

تعريف : — قطب المغناطيس هو المنطقة التى تظهر فيها قوة جذبه لبرادة الحديد بأكبر مقدار لها

اذا عينا موقعى القطبين فى قطعة المغناطيس بأجراء التجربة الثانية ثم علقنا المغناطيس كما فى التجربة الأولى تبين لنا أن الاتجاه الثابت الذى يأخذه المغناطيس عند تعليقه هو الذي يجعل أحد القطبين يتجه شمالا والآخر جنوبا

تجربة (٣) [للمعلم فقط]

خذ ابرة طويلة من الصلب وأمرر فوقها حجر المغناطيس الطبيعى المذكور بحيث تدلكها بأحد قطبى المغناطيس عدة مرات فى اتجاه طولها مبتدئا من احد طرفي الابرة ومنتهيا عند الطرف الثانى وبحيث أنك عند ما تصل الى نهاية الابرة ترفع المغناطيس لتبتدىء ثانيا من الطرف الأول للابرة وهذا لكى يكون الدلك فى جهة واحدة فقط ثم خذ الابرة بعد ذلك واغمسها فى برادة الحديد تجد انها أصبحت مغناطيسا لأن البرادة قد علقت بطرفيها وايضا تجد ان الابرة اذا علقت تعليقا خالصا لتتحرك فى مستوى أفقى تجد أنها تتجه شمالا وجنوبا

نستنتج من هذه التجربة أنه يمكن مغطسة الحديد بدلكه بالمغناطيس الطبيعى

وبذلك نرى أنه يمكن للمغناطيس الطبيعى ان يوصل خاصة المغناطيسية المذكورة لأى قطعة من الحديد اذا دلكت به

ملاحظة — ليست هذه الطريقة هى الوحيدة لمغطسة الحديد ولكننا سنذكر طرقا أخرى بعد

(بند ٨) فوائد المغناطيس الطبيعى : —

يستخرج المغناطيس الطبيعى على أشكال غير منتظمة وهو ضعيف فى قوة جذبه للحديد و يفقد هـذه القوة تدريجيا بالاستعمال و ليست له فائدة عملية تذكر إلا ان القدماء كانوا يستعملونه فى تسيير سفنهم باستعمال خاصيته التوجيهية شمالا وجنوبا

و زيادة على ذلك فأنه يمكننا الآن الحصول على مغناطيس قوى صناعى بأشكال منتظمة مختلفة لاتكون قوة المغناطيس الطبيعى شئ يذكر بجانبها

لذلك تجد ان هذا المغناطيس الطبيعى ليس له الا ن سوى شهرته التاريخية القديمة فقط وغاية الأمر أنه أحد الخامات التى تستخرج منها مادة الحديد

(بند ٩) الأجسام المغناطيسية : —

خاصية التمغطس هذه ليست خاصة بالحديد فقط بل هناك أجسام أخرى يمكن ان نجعلها تكتسب هذه الخاصة و من هذه الأجسام الكوبلت و النيكل والمنجنيز وغيرها إلا أن قوة هذه الاجسام لاكتساب خاصية التمغطس ضعيفة جدا اذا قورنت بقوة التمغطس للحديد

لهذا نجد المغناطيس الصناعى القوى لا يصنع إلا من الحديد فقط ولنلاحظ أيضا ان جميع أنواع الحديد المختلفة قابلة للتمغطس

بدرجة كبيرة غير أنها تختلف من وجهات كثيرة من حيث سرعة التمغطس و بطئه وقدرتها على حفظ مغناطيسيتها و غير ذلك على حسب الجدول الآتى : —

الحديد النقى أو الحديد المطروق	أكثر أنواع الحديد قوة في التمغطس و يتمغطس بسرعة ولكنه يفقد مغناطيسيته بنفس السرعة
الصلب بأنواعه	يصل في قوة التمغطس الى مقدار كبير يقرب من الحديد النقى إلا أنه يصعب تمغطسه و تبقى مغناطيسيته زمنا طويلا
الحديد الزهر	قوة تمغطسه أقل من الحديد النقى أو من الصلب وهو وسط فى سرعة تمغطسه وفقدانها

وهناك أنواع أخرى من الحديد تصنع لأغراض خاصة في الأشغال الكهربائية مثل الصلب المحتوى على المنجنيز والنوع المسمى استالوى وغيرهما وسيأتى ذكرها فى الجزء الثانى

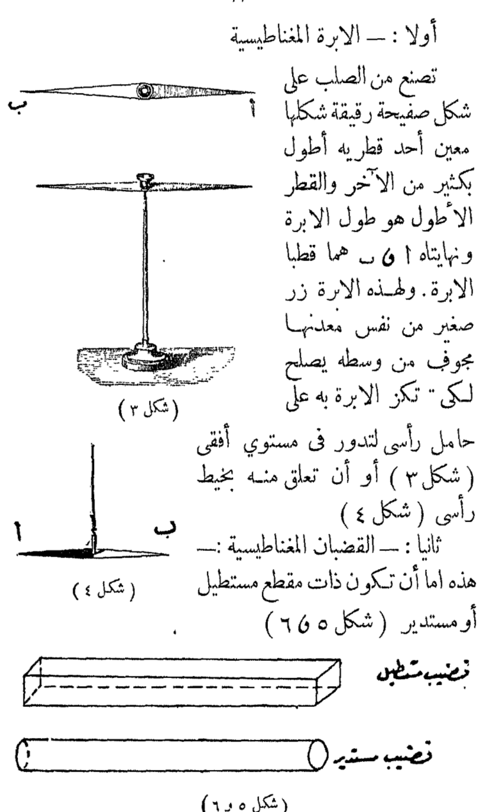
(بند ١٠) المغناطيس الصناعى : —

يصنع هذا من الحديد أو الصلب على شكل قضبان أو غيرها حسب الغرض الموضوعة له و من هذه توجد الانواع الآتية :

أولا : — الابرة المغناطيسية

تصنع من الصلب على شكل صفيحة رقيقة شكلها معين أحد قطريه أطول بكثير من الآخر والقطر الأطول هو طول الابرة ونهايتاه ا و ب هما قطبا الابرة . ولهذه الابرة زر صغير من نفس معدنها مجوف من وسطه يصلح لكى تكز الابرة به على حامل رأسى لتدور فى مستوي أفقى (شكل ٣) أو أن تعلق منه بخيط رأسى (شكل ٤)

ثانيا : — القضبان المغناطيسية :— هذه اما أن تكون ذات مقطع مستطيل أو مستدير (شكل ٥ و ٦)



(شكل ٣)

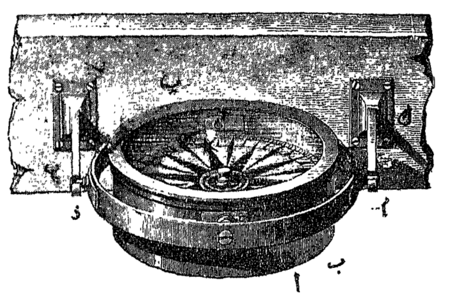
(شكل ٤)

(شكل ٥ و ٦)

ثالثا : — المغناطيس الذي على شكل حذاء الفرس (شكل ٧)

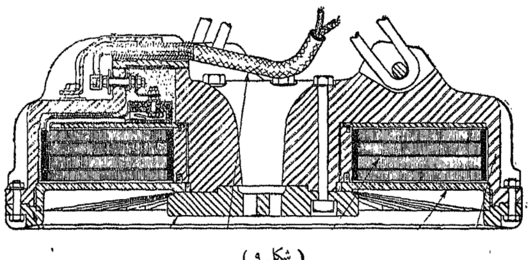
(شكل ٧)

كل هذه الأنواع ليست لها قيمة أكبر من أنها صالحة لاجراء التجارب العلميـة فى معامل الدراسـة غير أن الابرة المغناطيسية تستعمل بشكل خاص يسمى « البوصلة البحرية » لقيادة السفن . أنظر (شكل٨) ولهذه أهمية كبرى



(شكل ٨)

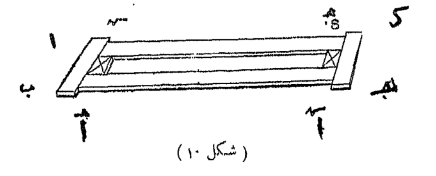
وأيضا يوجد ببعض المصانع أنواع كبيرة من المغناطيس الصناعى لحمل الاثقال من نقطة لاخرى بشرط أن تكون هـذه الأثقال من الحديد أو داخل صناديق من الحديد لأن المغناطيس لا يجذب الا الحديد (شكل ٩)



(شكل ٩)

(بند ١١) القضبان المغناطيسية : —

تستعمل هـذه القضبان لاجراء التجارب بالمعامل وهى كما قدمنا مستطيلية المقطع غالبا (شكل ٥) وقد تكون مستديرة لتجارب خاصة (شكل ٦) وتصنع عادة من الصلب لان الصلب يحفظ مغناطيسيته مدة طويلة وأيضا توضع أزواجا بصندوق واحـد بحيث يكون القضيبان متوازيين وبحيث يكون القطب الشمالى لأحدهما بجانب الجنوبى للآخر وعلى مسافة صغيرة منه (شكل ١٠) و يوصل بين القطب الشمالى لأحدهما والجنوبى



(شكل ١٠)

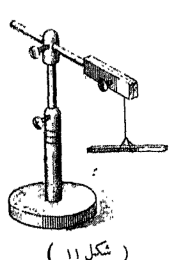
للآخر قطعة صغيرة من الحديد تلصق بالقطبين في كل من الطرفين كما في الشكل وهذه القطع الحديدية التى تلصق بالقطبين المتضادين تسمى الحوافظ وفائدتها أنها تساعد على حفظ المغناطيسية لهذه القضبان زمنا طويلا أكثر مما لو تركت القضبان بدونها وسنذكر سبب ذلك بعد (بند ٢٠)

(بند ١٢) تجارب على خواص المغناطيس :

سبق أن ذكرنا ان للمغناطيس قطبين أحدهما يتجه شمالا والآخر يتجه جنوبا ويمكن معرفة كل منهما بتعليق المغناطيس تعليقا خالصا كما قدمنا من تجربة (١) على المغناطيس الطبيعى

(تجربة ٤)

خذ قضيبا من المغناطيس وعلقه تعليقا خالصا من وسطه إما بلف الخيط حول وسطه أو حمله في ركاب صغير من الورق مربوط بخيط رأسى كما في شكل (١١) وعين قطبيه الشمالى والجنوبى



(شكل ١١)

ملاحظة :— يجد الطالب غالبا ان القطب المتجه شمالا من المغناطيس مكتوب عليه الحرف N

(تجربة ٥) :

أعد تجربة (٤) باستعمال الأبرة المغناطيسية وعين قطبيها
ملاحظة :ـ يجد الطالب ان نصف الأبرة ملون باللون الازرق وهو الذى في نهايته القطب المتجه شمالا

تجربة (٦) : الجذب والتنافر

خذ الأبرة المغناطيسية وعلقها تعليقا خالصا أو اجعلها ترتكز خالصة بمنتصفها على محور رأسى للتحرك في مستوي أفقى تجد أنها تتجه شمالا وجنوبا كما قدمنا

قرب من احد قطبيها بعد ذلك قطعة من الحديد تجد ان هذا القطب ينجذب الى قطعة الحديد بحيث اذا حركت قطعة الحديد قليلا تحركت الابرة تبعا لحركتها

أعد ذلك بتقريب قطعة الحديد من القطب الآخر تجد نفس الظاهرة

تستنتج من ذلك ان الحديد يجذب المغناطيس سواء لقطبه الشمالى او الجنوبى

(تجربة ٧) :

علق قضيبا مغناطيسيا ليتحرك خالصا فى مستوى أفقى كما في تجربة (٤) وقرب من طرفه قطعة من الحديد تجد نفس النتيجة التى وجدتها فى تجربة (٦) السابقة

(تجربة ٨) :

علق قضيبا حديديا غير ممغطس تعليقا خالصا ليتحرك فى مستوى أفقى تجد أنه يثبت في أى اتجاه كان

قرب منه أحد قطبى قضيب ممغطس تجد أنه ينجذب الى قطب المغناطيس سواء كان ذلك القطب الشمالى أو الجنوبى

من جميع هذه التجارب نستنتج القاعدة الآتية : —

الجذب متبادل بين المغناطيس والحديد

واذا كانت قوة الجذب هذه كافية تحرك المغناطيس اذا كانت قطعة الحديد ثابتة أو بالعكس يتحرك الحديد اذا كان المغناطيس ثابتا واذا كان كل منهما قابلا للحركة تحرك الذي يحتاج الى قوة أقل لتحريكه . ولفهم ذلك نعمل التجارب الآتية : —

(تجربة ٩) :

ضع قضيبا كبيرا من المغناطيس على نضد أفقى وضع بالقرب منه قطعة صغيرة من الحديد على نفس النضد ثم قرب أحدهما من الآخر مع وجود كل منهما على النضد تجد أنه عند ما تصغر المسافة بينهما الى مقدار معلوم تتحرك القطعة الحديدية بسرعة حتى تلتصق بالمغناطيس وذلك لأنها تحتاج الى قوة أصغر

أعد نفس التجربة بأن تأخذ قطعة كبيرة من الحديد غير الممغطس وابرة صغيرة ممغطسة فتجد أنه عند ما تصغر المسافة أيضا الى مقدار صغير معلوم تنجذب الابرة الممغطسة بسرعة

الى الحديد لتلتصق بها وذلك لأن تحرك الابرة الممغطسة يحتاج الى قوة أصغر مما تحتاج اليه قطعة الحديد

والحقيقة أنه عند تجاذب الحديد والمغناطيس يوجد بينهما فعل ورد فعل كل منهما يساوى الآخر ومعنى هذا أن القوة التي يجذب بها أحدهما الآخر قوة واحدة فاذا قلنا إن قوة جذب المغناطيس للحديد هي الفعل كانت قوة جذب الحديد للمغناطيس هي رد الفعل وهي تساوى القوة الأولى تماما واتجاه احداهما مضاد لاتجاه الأخرى

ولتأثير هذه القوة يتحرك الجسمين إذا كانت هذه القوة كافية

ولا يخفى على الطالب أن قوة الجذب هذه موجودة دائما مهما كان البعد بين الحديد والمغناطيس انما مقدار هذه القوة يكبر بتصغير المسافة بينهما فاذا وجدنا أن الحديد والمغناطيس مع قربهما أحدهما من الآخر لاتحدث حركة بينهما فهذا دليل فقط على أن القوة ليست كافية لاحداث الحركة فى أي منهما ولكنها موجودة دائما

(تجربة ١٠):

علق قضيبا من المغناطيس تعليقا خالصا ليتحرك فى مستوى أفقى ثم قرب من أحد قطبيه قطب مغناطيس آخر تجد أنه ربما تحدث حالة من اثنتين :

(ا) تجاذب بين القطبين

(ب) تنافر بين القطبين

عين نوعى القطبين في الحالتين تجد أنه

أولا — فى حالة التجاذب يكون أحد القطبين شماليا والآخر جنوبيا أى أن القطبين مختلفان

ثانيا — فى حالة التنافر تجد أن القطبين متماثلان أى أن كلا منهما شمالى أو أن كلا منهما جنوبى

من هذا نستنتج القواعد الآتية : —

أولا — الأقطاب المتضادة تتجاذب والأقطاب المتحدة تتنافر

ثانيا — الجذب بين قطعتين من الحديد دليل كاف على تمغطس احداهما ولكنه ليس دليلا على تمغطس الاثنتين معا

ثالثا — التنافر بين قطعتين من الحديد دليل كاف على تمغطس الاثنتين معا

(بند ١٣) : تعاريف

سبق أن ذكرنا أن الموضع الذى يظهر فيه أكبر قوة للمغناطيس يسمى القطب

وهذه الأقطاب توجد مثنى أحدهما فى أحد طرفى المغناطيس والآخر في الطرف الآخر أحدهما شمالا والآخر جنوبا . هذا اذا كان المغناطيس قد تمغطس بانتظام وهذا هو المعتاد (شكل ١٢)

وقد يكون القضيب متمغطسا بدون انتظام فيكون في طرفيه قطبان من نوع واحد وفي الوسط قطب مضاد لهما

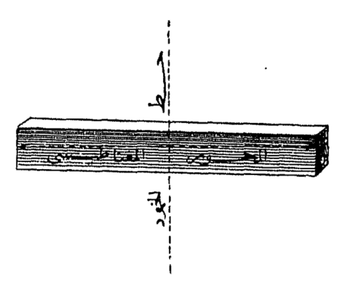
شكل (١٢)

(شكل ١٣) وتسمى هذه الأقطاب التي في الوسط «أقطاب متتالية» أو «أقطاب متوسطة»

«المحور المغناطيسي» هو الخط الواصل بين قطبي المغناطيس

شكل (١٣)

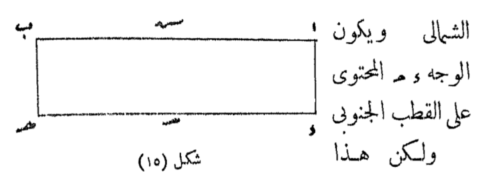
والخط العمودي على المحور والمار بمنتصفه يسمى « خط الخمود » (شكل ١٤)



شكل (١٤)

من المعتاد أن يتمغطس القضيب فى اتجاه طوله ولكن من الجائز أن يتمغطس فى اتجاه عمودي على طوله فلو فرض أن ا ب حـ د قضيب من الحديد طوله ا ب وعرضه ب حـ (شكل ١٥) فمن الجائز أن يكون وجهه ا ب هو المحتوى على القطب

الشمالى ويكون الوجه ء هـ المحتوى على القطب الجنوبى ولكن هذا



شكل (١٥)

النوع من التمغطس نادر الوجود وليس له فائدة عملية وذلك لأن القضيب المتمغطس بهذه الكيفية تكون مغناطيسيته غير ثابتة (أنظر نظرية المغناطيس بند ١٥)

(بند١٤) : الكرة الأرضية مغناطيس

ذكرنا في التجارب السابقة أن المغناطيس المعلق تعليقا خالصا ليتحرك في مستوي أفقي يتذبذب قليلا ثم يثبت فى اتجاه خاص بحيث يتجه أحد قطبيه شمالا والآخر جنوبا ولهذا يتبين لنا أن الكرة الأرضية تؤثر على المغناطيس كما لو كانت هى نفسها مغناطيسا كبيرا فاذا فرضنا أن قطبها الشمالى المغناطيسى عند القطب الشمالى الجغرافى وكذلك قطبها الجنوبى المغناطيسى عند قطبها الجنوبى الجغرافي تبين لنا أنه يجب أن نسمى القطب الشمالى للمغناطيس المعلق فى الحقيقة قطبا جنوبيا لأن الاقطاب المتجاذبة يجب أن تكون متضادة ولهذا قد يسمى أحيانا القطب الشمالى للمغناطيس « القطب الباحث عن الشمال » وهذه تسمية صحيحة أما تسميته القطب الشمالى فانها تسمية خطأ ومع ذلك فلا نزال نجد هذه الأخيرة مستعملة الى الآن

وغاية الأمر أنه يجب على الطالب أن يتذكر أننا اذا قلنا القطب الشمالى للمغناطيس نقصد القطب الباحث عن الشمال وكذلك بالنسبة للقطب الجنوبى

وكما أن خط الزوال الجغرافي لأي مكان هو الخط المار بهذا المكان وبالقطبين الشمالى والجنوبى الجغرافيين كذلك يسمى الخط المار بالقطبين الشمالى والجنوبى المغناطيسيين وأى مكان معلوم خط الزوال المغناطيسى فى هذا المكان

وهو الاتجاه الذى يأخذه محور مغناطيس معلق تعليقا خالصا فى هذا المكان

ولعدم انطباق الاقطاب الارضية الجغرافية على المغناطيسية لا ينطبق خط الزوال الجغرافي على خط الزوال المغناطيسى الا فى بعض نقط قليلة على سطح الكرة الارضية كما سنبين بعد (بند ٣٦) عند الكلام على المغناطيسية الارضية

أسئلة

(١) اذا اعطيت قضيبا من الحديد وخيطا فكيف تثبت اذا كان القضيب ممغطسا ام لا ؟

(٢) اذا اعطيت قضيبا من الحديد وكمية من برادة الحديد فكيف تثبت اذا كان الحديد ممغطسا ام لا ؟

(٣) ماهى مميزات المغناطيس الصناعى على المغناطيس الطبيعى ؟

(٤) ماهى الأشكال المختلفة التى يأخذها المغناطيس الصناعى وما مميزات كل؟

(٥) عرف القطب والمحور وخط الخمود في المغناطيس
(٦) كيف تثبت ان قطبي المغناطيس متضادان في النوع
(٧) اذا اعطيت ابرة مغناطيسية على حامل وقضيبا من الحديد فكيف تعرف ما اذا كان القضيب ممغطسا ام لا ؟
(٨) عرف خط الزوال المغناطيسى و بين لماذا لا ينطبق على خط الزوال الجغرافي
(٩) ماهى الاقطاب المتوسطة وما سبب وجودها ؟
(١٠) من أي مادة يصنع المغناطيس الصناعى الثابت و لماذا ؟



الباب الثانى

نظرية المغناطيس

(بند ١٥) وجود الاقطاب المغناطيسية مثنى

تجربة (١١):

خذ خوصة رفيعة طويلة من الصلب ثم أمرر عليها مغناطيسا صناعيا قويا بأحد قطبيه على طولها مبتدئا من أحد طرفي الخوصة ومنتهيا عند الطرف الآخر واعمل ذلك عدة مرات بحيث يكون الدلك دائما في جهة واحدة تجد ان الخوصة أصبحت مغناطيسا ويمكن إثبات ذلك بتقريبها من قطعة من الحديد فتنجذب اليها واذا قربت من إبرة مغناطيسية معتادة تجد ان أحد قطبي الخوصة المدلوكة أصبح شمالا والآخر جنوبا

اكسر هذه الخوصة الى قسمين واعد تجربة الأقطاب تجد ان كل قسم من القسمين أصبح مغناطيسا قائما بذاته له قطبان أحدهما شمالى والآخر جنوبى

إكسر كل قسم من القسمين السابقين ثانيا الى قسمين و أعد التجربة تجد ان كل قسم بعد الكسر عبارة عن مغناطيس قائم بذاته ذي قطبين أحدهما شمالى والآخر جنوبى

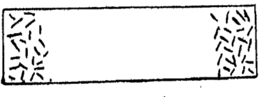
ولو استمررنا في عملية الكسر هذه الى اى درجة نجد ان القاعدة صحيحة أنظر (شكل١٦)

شكل (١٦)

ومن هذا نستنتج ان قطعة الحديد الممغطسة لا بد ان تكون محتوية على عدة مغناطيسات صغيرة جدا مرتبة حسب (شكل ١٦) عددها لا حد له بحيث أن كل اثنين متجاورين يكون قطب أحدهما الشمالى بالقرب من القطب الجنوبى للاخر وإذن لا يكون لهما معا في وقت واحد أى تأثير خارجى على قطعة من الحديد اذا قربت منهما لان عمل أحدهما عليها يضاد عمل الاخر

ولكن القطبين الاخيرين في الطرفين لا يكون بجانبهما قطب آخر مضاد ولهذا يظهر تاثيرهما .

من هذا نرى لماذا لا تكون قوة المغناطيس الا فى أطرافه فقط ففى حالة وجود قطعة من الحديد بحالتها الطبيعية اى بدون تمغطس نفرض وجود هذه الاجزاء المغناطسية أيضا داخلها ولكن بدون ترتيب فتكون نتيجة عدم ترتيبها هذا عدم وجود أقطاب حتى فى أطرافها كما فى (شكل ١٧)



شكل (١٧)

ففى هذا الشكل قد بينا كل مغناطيس صغير داخل القطعة

بخط صغير وقد جعلنا هذه الأجزاء غير مرتبة فيتبين للطالب من ذلك أنه لا يمكن ان يظهر عند أطرافها أقطاب مطلقا وفى حالة تمغطس قطعة من الحديد تكون هذه الجزيئات قد رتبت كما فى (شكل ١٨) الذي يظهر بعض صفوف من هذه الجزيئات

(شكل ١٨)

مرتبة بحيث تكون أقطابها التي في الجهة اليمنى شمالية والتى فى الجهة اليسري جنوبية وكما قدمنا في (شكل ١٦) تؤثر الأقطاب المتجاورة المتضادة بين جزئ وآخر بحيث يمحو أحدها تأثير الآخر ويبقى تأثير الاقطاب الشمالية التى فى الطرف الأيمن والاقطاب الجنوبية التى في الطرف الايسر من القطعة كلها وتظهر مغناطيسية القطعة جميعها فقط عند طرفيها وهذا ما ذ رناه سابقا عند تعيين الأقطاب للمغناطيس

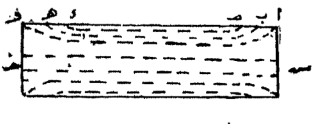
هذا الترتيب المبين (بشكل ١٨) ترتيب تام أى أن جميع الجزيئات متوازية واذا كان من الممكن أن نصل الى ذلك عند مغطسة قطعة من الحديد نكون قد أتممنا عملية التمغطس الى حدها النهائى و يكون المغناطيس الناتج أقوي ما يمكن

و يمكن الوصول الى هذا الحد النهائى بسهولة في ابرة الصلب الطويلة التى يكون مقطعها صغيرا جدا بالنسبة لطولها

وفى هذه الحالة نجد عند اجراء تجربة رفع برادة الحديد بهذه

الابرة أن البرادة لا تلتصق الا في طرفى الابرة فقط

اما في القطع الحديدية السميكة التى يكون لسمكها قيمة تذكر بالنسبة لطولها فان الوصول الى هذا الحد النهائى فى الترتيب لايتأتى الا باستعمال قوات كبيرة للتمغطس وسنرى معنى ذلك وطريقة عمله عند التكلم عن التمغطس بالتيار الكهربائى وفى الأحوال المعتادة التى فيها تتمغطس القطع الحديدية السميكة بقوة معتادة لا يكون الترتيب تاما فتكون جزيئات القطعة مرتبة بعض الترتيب كما فى (شكل ١٩) ويرى الطالب عند النظر في هذا الشكل أنه بخلاف



(شكل ١٩)

أطراف الجزيئات التى عند طرفي القطعة تجد أطرافا أخرى للجزيئات تنتهى عند نقط أخرى من الطول كما هو ظاهر عند النقط ا و ب و حـ و ء و هـ و و فى الشكل المذكور وتكون المنطقة بين ا و حـ منطقة قطب شمالى والمنطقة من ء الى و منطقة قطب جنوبى ولكن قوة هذين القطبين تكون أقل مما تجد عند الطرفين الحقيقيين للقطعة لأن عدد الجزيئات التى تنتهى أطرافها بين ا و حـ أو بين ء و و أقل من التى تنتهى عند الطرفين الحقيقيين لقطعة الحديد

ولهذا نري ان البرادة تعلق بكثرة عنـد الأطراف الحقيقية وبقلة عند النقط الأخري على طول القطعة وهذا يفسر أيضا السبب فى أنه كلما اقتربنا من منتصف القطعة قلت القوة المغناطيسية

يمكن توضيح ترتيب الجزيئات المذكورة فى هذا البند بالتجربة الآتية : —

تجربة (١٢) :

خذ أنبوبة من الزجاج بها كمية من برادة الحديد تملأ الجزء الاكبر منها ثم ضعها أفقية بطولها فوق نضـد أفقى ثم امرر فوقها عدة مرات فى جهة واحدة من طولها القطب الشمالى مثلا لقضيب ممغطس تشاهد ان جميع الجزيئات التى فى الأنبوبة قد اتجهت بطولها فى اتجاه طول الانبوبة أى في اتجاه حركة الدلك وبتقريب ابرة ممغطسة منهـا يمكن اثبات أن أحد طرفيها أصبح قطبا شماليا والاخر قطبا جنوبيا

خذ هذه الأنبوبة التى بها البرادة المرتبة والتى أصبحت مغناطيسا ورجها عدة مرات لـكى تجعلها تفقد ترتيب جزيئاتها ثم قدم منها الابرة المغناطيسية تجد انها فقدت مغناطيسيتها

(بند ١٦) تجارب ونتائج تثبت صحة النظرية السابقة

تجربة (١٣) :

خذ قضيبا ممغطسا ودقه عدةمرات بعنف وقرب منه الأبرة المغناطيسية تجد أنه فقد أغلب مغناطيسيته وذلك لأن الدق قد أفقده ترتيب جزيئاته

تجربة (١٤) :

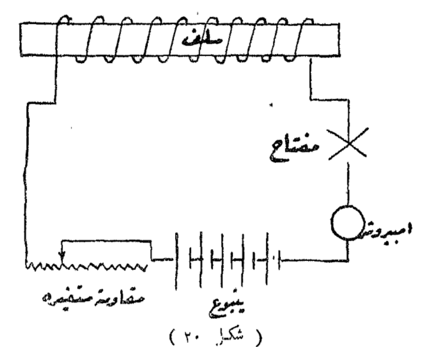
خذ إبرة من الصلب غير ممغطسة و امسكها بحامل بحيث تكون أفقية و متجهة فى اتجاه خط الزوال المغناطيسى ثم دق عليها عدة مرات وهى فى هذا الوضع ثم بعد ذلك قرب منها الأبرة المغناطيسية تجد أنها قد أصبحت مغناطيسا

ذلك لأنها فى هذا الوضع أصبحت متأثرة بالمغناطيسية الأرضية فاذا ما دقت أتيح لجزيئاتها ان تترتب بتأثير المغناطيسية الأرضية

ملاحظة — اذا وضعت الأبرة في اتجاه يميل بزاوية قدرها ٤٠° على الافق (أي في اتجاه القوة الكلية المغناطيسية الارضية) كان نجاح التجربة أسهل لأن القوة المؤثرة تصبح أعظم و سنبين معنى ذلك عند التكلم عن المغناطيسية الأرضية

تجربة (١٥) : التشبع المغناطيسى

خذ قضيبا من الحديد و لف حوله سلكا معزولا عدة لفات على طوله ثم أمرر فى السلك تيارا كهربائيا من بطارية او غير ذلك بحيث يمكن ان تغير مقدار التيار المار بالسلك وابتدىء بمقدار صغير من التيار وزد مقدار التيار بالتدريج كما تري في (شكل ٢٠) وفى الوقت نفسه ضع بالقرب من القضيب إبرة مغناطيسية داخل علبة بحيث تتحرك الأبرة على دائرة مقسمة الى درجات تجد أنه عند زيادة قوة التيار يزداد إنحراف الابرة وهذا دليل على



(شكل ٢٠)

زيادة التمغطس الى ان يأتى وقت تجد ان انحراف الابرة لا يزيد مهما زيد مقدار التيار وفى هذه الحالة نقول ان المغناطيس قد وصل الى درجة التشبع

ملاحظة : — لاجراء هذه التجربة بنجاح يجب ان لاتكون الأبرة قريبة من المغناطيس والاكان تأثير القضيب عليها كبيرا جدا بالنسبة لمغناطيسية الأرض فتكون النتيجة ان الأبرة تنحرف نحو المغناطيس تماما بأقل مقدار للتيار ولا يظهر أى زيادة فى قوة المغناطيس مع زيادة مقدار التيار

ولهذا يجب ان تنتخب المسافة بين المغناطيس والأبرة بحيث يضمن نجاح التجربة

من التجربة السابقة نرى ان القوة المغناطيسية لاى قضيب ممغطس يصل الى حد معلوم نهائى لا يمكن ان تزيد عليه

مهما كانت القوات المؤثرة عليه لاحداث تمغطس أكبر وذلك ظاهر من نظرية الذرات لأنه عند وصول هذه الذرات الى ترتيبها النهائى كما قدمنا لا يمكن ان أى قوة أخرى تزيد فى اتمام هذا الترتيب و يقال للمغناطيس إذن إنه وصل الى حالة التشبع اذن المغناطيس المتشبع هو المغناطيس الذى يكون قد وصلت قوته المغناطيسية الى أكبر حد لها

نتائج أخرى :

أولا — اذا تمغطس قضيب من الحديد زاد طوله بمقدار قليل وذلك لان تمغطسه يجعل جزيئاته جميعها تتجه بطولها فى جهة واحدة

ثانيا — إذا سخن قضيب من المغناطيس إلى درجة مرتفعة فقد مغناطيسيته وذلك لان وصول درجة الحديد الى درجة الانصهار يجعل الجزيئات التى كانت مرتبة تفقد ترتيبها لان حالة السيولة تسهل على الجزيئات أخذ أى وضع كان داخل القضيب بدون ترتيب خصوصا إذا دق المغناطيس أثناء عملية التسخين هذه

ثالثا — إذا سخن قضيب من الحديد المعتاد وهو تحت تأثير مغناطيس قوى أو تيار كهربائى فانه يتمغطس بسهولة وذلك لانه فى حالة التسخين تكون عملية ترتيب جزيئاته أسهل

رابعا — إذا لف سلك حول قطعة سميكة من الحديد ثم أمر تيار كهربائى كبير المقدار في هذا السلك فاننا نسمع صوتا فى الحديد عند ابتداء مرور التيار

وذلك لان مرور التيار يوجه الجزيئات بالترتيب الذي شرحناه

سابقا وهـذا يحدث بين الجزيئات الداخليـة احتكاكا يسبب الصوت المذكور ويسمى هذا بالاحتكاك الجزيئى

من كل هذا نري ان الغرض من وجود الجزيئات المغناطيسية داخل الحديد حتى الغير الممغطس يؤدى الى تفسير صحيح لـكل الظواهر المغناطيسية للحديد التى نعلمها الى الآن ولهـذا تجد ان هذه هى النظرية المفروضة لتمغطس الحديد والتى قد قبلها جميع العلماء ومع هذا فأننا لانزال غير قادرين على إثبات وجود هـذه الجزئيات الممغطسة إثباتا عمليا اكيدا ولـكن بما أننا قد وجدنا أن جميع النتائج المبينة على هذا الفرض صحيحة فتراانا نقبل هـذه النظرية وهى الشائعة في علم المغناطيس

وزيادة على ذلك فان تفسير المغناطيسية تفسيرا علميا دقيقا ومعرفة كنهها تماما لايزال شيئا تحت البحث لم يتوصل العلماء اليه الى الآن كما هو الحال في كنه الـكهرباء

ولو أن النظريات العلمية الحديثة (نظرية الاكلترونات) ونظرية (الـكوانتم) قد كشفت أسرارا كثيرة بخصوص ذلك

مسائل

(١) إشرح معنى القطب المغناطيسى ـ وكيف تؤثر الأقطاب المغناطيسية بعضها ببعض .

(٢) كيف يمكنك البرهنة بتجربة عملية على أن الجذب متبادل بين المغناطيس والحديد .

(٣) أذكر التجربة اللازمة للبرهنة عمليا على أن الأقطاب المتضادة تتجاذب والأقطاب المتحدة تتنافر

(٤) بين مع الرسم التأثير الذي يحدث إذا علق قضيبان مغناطيسيان صغيران من طرفيهما بحيث كانا متوازين ومتباعدين عن بعضهما بمسافة صغيرة

أولا — إذا كانت الأقطاب المتحدة متقابلة

ثانياً — إذا كانت الأقطاب المتضادة متقابلة

(٥) اشرح وبين لماذا اعتبر كل من جزيئات المغناطيس مغناطيسا مستقلا

(٦) قضيب من الحديد ممغطس كسر إلى نصفين فبين ماذا تكون حالة كل قسم

(٧) ابرة ممغطسة كسرت إلى ثلاث قطع متساوية فهل كل من هذه القطع تكون متساوية فى التمغطس و إذا لم تكن فكيف يكون وجهة الاختلاف و لماذا

(٨) هل يمكنك الحصول على مغناطيس ذى قطب واحد

(٩) عند تمغطس قضيب من الصلب يزداد طوله بجزء صغير فلماذا

(١٠) إشرح معنى التشبع المغناطيسى و كيف يمكنك البرهنة على حدوثه بالتجربة

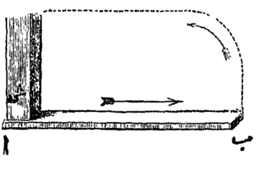
الباب الثالث

طرق التمغطس

(بند ١٧) نقتصر هنا على ذكر أهم الطرق للتمغطس :

(أولا) طريقة التمغطس بالدلك بمغناطيس ثابت : ـ ويكون ذلك بثلاث طرق مختلفة هى : —

(١) طريقة اللمس البسيط : ـ نأخذ قضيبا من الصلب مثل ا ب يراد مغطسته ونضعه أفقيا على المنضدة ثم نمرر فوق سطحه الافقى مغناطيسا صناعيا قويا مستقيما بحيث يكون قطبه الشمالى ملامسا ومبتدئا من



(شكل ٢١)

النقطة (ا) الى أن نصل الى الطرف الآخر من القضيب (ب) شكل (٢١) أي في الاتجاه ا ب وعند الوصول الى (ب) نرفع المغناطيس الدالك ونضعه ثانيا عند (ا) ونكرر هذه العملية عدة مرات بالكيفية المذكورة أى بحيث يكون الدلك دائما من ا الى ب وبعد ذلك نقلب القضيب وندلك سطحه الآخر بنفس الطريقة السابقة وبحيث

يكون اتجاه الدلك هو نفس الاتجاه السابق وبواسطة القطب نفسه الذى استعمل أولا . بذلك يصبح القضيب ا ب مغناطيسا طرفه (ا) قطب شمالى وطرفه (ب) قطب جنوبى

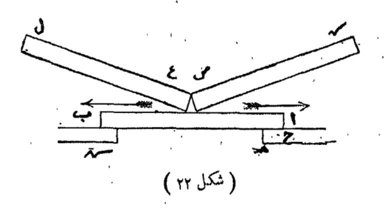
من الممكن أن نستعمل أيضا القطب الجنوبى للمغناطيس الدالك فقط يجب أن يكون فى الاتجاه من ب الى ا فيتمغطس ا ب بنفس الكيفية السابقة

والقاعدة لمعرفة أقطاب القطعة التى مغظست بهذه الطريقة هو أنه عند رفع القضيب الدالك من نهاية طرف القضيب المدلوك يتكون قطب مخالف للقطب الدالك

(٢) طريقة اللمس المنفصل :-

نفرض أن ا ب هو القضيب الصلب المرادمغطستهفنضع أسفل طرف (ا) قطبا جنوبيا لقضيب ممغطس وتحت طرف (ب) قطبا شماليا لمغناطيس آخر

ويوضع على منتصفه قطبين مختلفين س و ع لمغناطيسين س س و ع ل قوتهما واحدة بحيث يكون كل منهما مائلا بزاوية قدرها ٢٠° تقريباً عن مستوي القضيب كما في شكل (٢٢)

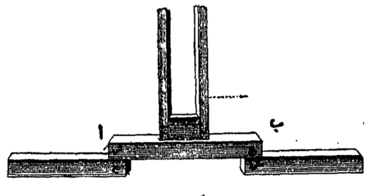


(شكل ٢٢)

ونحرك القطب ص الى ا والقطب ع الى ب و بعد الوصول الى الطرفين ا و ب نرفعهما ونضعهما ثانياً فوق منتصف ا ب ونكرر هذه العملية عدة مرات ثم نقلب القضيب و نعمل بسطحه الآخر نفس العملية التى عملت بسطحه الأول و بذلك يصبح القضيب ممغطساً

(٣) طريقة اللمس المزدوج : —

يوضع القضيب ا ب المراد مغطسته بحيث يكون طرفه ا مثلا فوق قطب جنوبى لمغناطيس معلوم و يكون طرفه ب فوق قطب شمالى لمغناطيس آخر كما في شكل (٢٣) ثم يوضع على منتصفه



(شكل ٢٣)

قطبان مختلفان لمغناطيسين قوتهما واحدة و يفصل القطبان بقطعة صغيرة من الفلين أو الخشب ويلاحظ أن يكون القضيبان الدالكان رأسيين ثم نحركهما معاً نحو أحد الطرفين وعند الوصول إليه نحركهما معا نحو الطرف الآخر بدون رفعهما ونكرر هذا العمل عدة مرات بشرط أن يكون كل من نصفى القضيب قد دلك عددا واحدا من المرات أي أن الدلك ينتهى عند منتصف القضيب

يقلب القضيب ويدلك سطحه الثانى أيضاً كما ذكرنا سابقاً

جميع هذه الطرق للتمغطس طرق قديمة لها قيمتها النظرية ويحسن بالطالب أن يتذكر ان جميع القضبان المغناطيسية التى تعطى له فى المعمل أو التى يراها بعد في حياته العملية ليست ممغطسة بأي طريقة من هذه بل جميعها تمغطس فى المصانع التى أخرجتها بواسطة التيار الكهربائى وهى الطريقة التى نبدأ بشرحها الآن

(ثانيا) التمغطس بتيار كهربائى : ـ هذه الطريقة هى أهم طرق التمغطس و المستعملة بكثرة الان فى الاعمال الصناعية حيث أن التمغطس بالتيار الكهربائى يحدث مغناطيسا أقوى بكثير من الذي نحصل عليه بواسطة الدلك

(شكل ٢٤)

الطريقة : ـ يلف على القضيب المراد مغطسته سلك نحاسى معزول ثم نمرر تيارا كهربائيا قويا بالسلك زمنا معلوما ثم نوقف مرور التيار ونخرج القضيب فنلاحظ أنه أصبح مغناطيسيا وبهذه الطريقة يمكن الحصول على مغناطيس قوي بدون عناء كبير أنظر شكل (٢٤) وسنشرح هذا بالتفصيل فيما بعد فى باب (التأثير المغناطيسى للتيار الكهربائى)

(ثالثا) التمغطس بمغناطيس كهربائى : ـ المغناطيس الكهربائى عبارة عن ساق من الحديد المطاوع مثنية على شكل U وملفوف حولها سلك نحاسى عازل بحيث يكون اتجاه لف السلك على احد الفرعين مغايرا لاتجاه لفه على الفرع الاخر شكل (٢٥) وبمرور تيار كهربائى فى هذا السلك يصبح الساق مغناطيسا له قطبان مختلفان عند الطرفين

(شكل ٢٥)

وطريقة التمغطس بمغناطيس كهربائى هو أن نمرر القضيب المراد مغطسته على احد قطبى المغناطيس أثناء مرور التيار به بحيث يكون ملامسا له مبتدئا بأحد طرفيه ومنتهيا عند الطرف الآخر ويراعى أن يكون الدلك في اتجاه واحد ولزيادة قوة التمغطس يرفع القضيب المراد مغطسته ويدلك فى القطب الآخر للمغناطيس بحيث يكون الدلك في الاتجاه المضاد للاتجاه الاول

وهذه الطريقة ليست سوى طريقة سريعة لمغطسة قضبان صغيرة بالمعامل لاجراء التجارب وهى تشابه الطرق الثلاث الاولى وميزتها الوحيدة أن المغناطيس الدالك يكون قويا لانه مغناطيس كهربائى ولهذا تكون العملية أسهل وأسرع عن هذه الطرق الثلاث المذكورة

في جميع التجارب السابقة يجب أن يكون القضيب المراد مغطسته

قضيباً من الصلب و ليس من الحديد المعتاد لان الصلب وحده هو الذى يمكن أن تبقى مغناطيسيته محفوظة زمنا طويلا أما الحديد المطاوع فأنه يفقد معظم مغناطيسيته بمجرد إبعاده عن المغناطيس أو التيار الذي أحدث هذه المغناطيسية

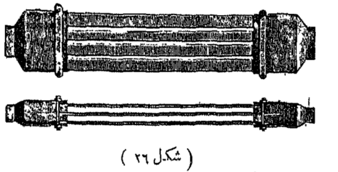
هذا فيما يخص القضبان التى يراد أن تظهر مغناطيسيتها بعد اجراء عملية التمغطس وتحتفظ بمغناطيسيتها زمناً كافيا وهذا مانحتاج اليه في إجراء تجارب المغناطيس بالمعامل كما قدمنا

ولكن فى حالة المغناطيس الكهربائى الذى يستعمل فى رفع الاثقال بالمصانع نستعمل الحديد لاننا نريد ان تكون قوته المغناطيسية موجودة فقط وقت مرور التيار الكهربائى فى السلك وبحيث إذا انقطع التيار الكهربائى فقد المغناطيس قوته وهذا لايتأتى إلا اذا كان مصنوعا من الحديد المطاوع وسنرى أيضاً فيما يلى أنه في الآلات الكهربائية نستعمل الحديد المطاوع والحديد الزهر أكثر مما نستعمل الصلب للاسباب التى سنبينها إذ ذاك

(بند ١٨) المغناطيس المركب : — عند تمغطس قضيب من الصلب بالطرق السابقة يكون التأثير الواقع عليه من المغناطيس على الطبقات الخارجية منه فقط أي على الطبقات السطحية من مادته اذ أن القوة التوجيهية لجزئياته لاتصل الى الطبقات الداخلية بنفس القوة التى تصل اليها في الطبقات الخارجية و لكى نحصل على مغناطيس قوي يصنع من جملة صفائح رقيقة من الصلب وتمغطس كل واحدة منها على حدة فتكون جميع جزئياته فى الطبقات

المختلفة من سمكه مرتبة على قدر الامكان فلو أخذنا مغناطيسين متماثلين ووضعناهما متلاصقين بحيث تكون اقطابهما المتشابهة متجاورة فأنهما يحدثان مغناطيسا قوة جذبه أكبر من قوة أحدهما وقد دلت التجارب على ان هذه القوة تعادل قوة أحد المغناطيسين مرة ونصف تقريبا ولا تساوى مجموعهما لان وجود قطبين متشابهين أحدهما بجوار الآخر لا ينتج قطبا يساوي مجموعهما

ويمكن تركيب المغناطيس السميك اذن من عدة طبقات



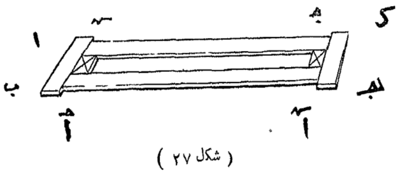
(شكل ٢٦)

بهذه الكيفية ، فتكون قوته أكبر مما لو عمل دفعة واحدة ويسمى المغناطيس المكوّن من عدة الطبقات هذه بالمغناطيس المركب أنظر شكل (٢٦)

(بند ١٩) الفرق بين الحديد والصلب :— يوجد فرق بين الحديد النقي والصلب من حيث التمغطس فالحديد يتمغطس بسهولة وكذلك يفقد مغناطيسيته بسهولة أما الصلب فأنه يتمغطس بصعوبة ويحفظ مغناطيسيته لمدة طويلة وهذا الفرق بين الحديد والصلب ناشيء من ان جزيئات الصلب لا يمكن ترتيبها بسهولة كجزيئات الحديد واذا رتبت لا يسهل ارجاعها الى وضعها الاول ويستنتج من هذا أن قوة الممانعة فى الصلب أكبر منها فى الحديد ومعنى

ذلك ان هناك قوة احتكاك بين جزيئات الحديد والصلب ولكنها كبيرة في الصلب قليلة فى الحديد فاذا ما تأثر الحديد بمغناطيس لاتكون قوة الاحتكاك هذه كبيرة فتترتب جزيئاته بسهولة بينما تكون قوة الاحتكاك هذه كبيرة فى الصلب فتترتب جزيئاته بعد مدة أي ببطء

(بند ٢٠) فعل الحوافظ : — لما كان القضيب المغناطيسى عرضة لان تضعف مغناطيسيته أو أن تفقد فقد عمل له حوافظ لمنع حدوث ذلك والحوافظ عبارة عن قطع من الحديد المطاوع



(شكل ٢٧)

توضع بحيث يتلامس قطبان مختلفان وشكل (٢٧) يبين قضيبين مغناطيسيين ش ح و ش١ ح١ متوازيين وغير متلامسين وقطباهما المختلفان في اتجاه واحد ومتصل كل قطبين بحافظة اب و حـ ء ولما كان القطب الشمالى المجاور للحافظة يؤثر فيها تأثيرا مغناطيسيا ويحدث قطبا جنوبيا فى طرفها الملامس له وقطبا شماليا فى الطرف الآخر والقطب الجنوبى المجاور لها يؤثر فيها أيضا تأثيرا يضاد تأثير القطب الشمالى كانت الحافظة مغناطيسا بالتأثير قطبه الجنوبى مقابل للقطب الشمالى للمغناطيس الاول وقطبه الشمالى مقابل

للقطب الجنوبي للمغناطيس الاخر وفي هذه الحالة تعمل مغناطيسية الحافظة على حفظ ترتيب جزيئات كل من المغناطيسيين بعامل الجذب وفي الوقت نفسه تساعد على حفظ القوة المغناطيسية فيهما

أسئلة :

(١) ماالفرق بين المغناطيس والمادة الممغطسة ؟
(٢) كيف يمكنك فصل برادة الحديد اذا كانت ممزوجة مع برادة النحاس
(٣) يوجد لديك قطعتان متشابهتان من معدن الصلب أبعادهما واحدة احداهما ممغطسة والأخري غير ممغطسة فكيف يمكنك التميز بينهما
(٤) يراد مغطسة ابرة من الصلب بحيث يكون كل من طرفيها قطب شمالى . أذكر مايجب عليك عمله للحصول على ذلك
(٥) كيف يجذب القضيب الممغطس قطعة الحديد
(٦) هل يكون تأثير وسط قضيب ممغطس على قطعة من الحديد كتأثير أطرافه عليها
(٧) اشرح شرحا وافيا طرق التمغطس ومميزات كل طريقة منها
(٨) ماالفرق بين الحديد والصلب من حيث التمغطس
(٩) يوجد لديك قضيبان متشابهان أحدهما من الحديد والآخر من الصلب وأيضا قضيب ثالث ممغطس وبعض من الابر فبيّن كيف تميز قضيب الحديد من قضيب الصلب

(١٠) إذا أردت شراء مغناطيس على هيئة نعل الفرس فانك تجد دائما أن قطعة من الحديد ملصوقة بأطرافه فما فائدتها

(١١) ماالذى يجب عليك عمله لحفظ مغناطيسية قضيبين ممغطسين غير مستعملين

(١٢) ماهو أحسن نظام يمكنك عمله لحفظ مغناطيسية ثلاثة قضبان ممغطسة غير مستعملة



الباب الرابع

المجال المغناطيسى

بند (٢١)

تمهيد :ـــ تعرف القوة في علم الميكانيكا أنها الشىء الذي يسبب أو يميل إلى أن يسبب تغييرا فى حركة الجسم

معنى ذلك أننا إذا وجدنا أن جسما ساكنا ابتدأ يتحرك فنستنتج أنه قد أثرت عليه قوة أحدثت هذه الحركة كذلك إذا وجدنا جسما متحركا قد وقف فنعلم أن هذا الجسم أيضا قد أثرت عليه قوة أفقدته حركته

وأخيرا إذا وجدنا أن جسما متحركا قد زادت حركته أو قلت فاننا نتأكد أن هذا ناشىء من تأثير قوة عليه

وزيادة على ذلك نريد أن نذكر للطالب أن هناك أحوالا كثيرة قد يكون فيها الجسم ساكنا ولكنه واقع تحت تأثير عدة قوات كما أنه قد يكون متحركا بحركة ثابتة لاتزيد ولا تقل ولكنه أيضا واقع تحت تأثير قوات عديدة ومع ذلك فاننا لانريد أن نبحث فى باب القوة لأن هذا خاص بعلم الميكانيكا وخارج عن موضوعنا الآن وغاية مانطلبه أن يفهم الطالب معنى القوة لأننا سنحتاج إلى ذلك فيما يلى

وللقوة وحدات كثيرة تقاس أو تقدر بها والوحدة الأساسية في المقاييس الفرنسية تسمى الداين وتعريف هذه الوحدة أنها القوة التى إذا أثرت وحدها على جسم كتلته جرام لمدة ثانية واحدة زادت سرعته بمقدار سنتيمترا في الثانية عن مقدار سرعته قبل تأثير هذه القوة وهذه الوحدة للقوة صغيرة جدا فهى تساوى جزء من مليون جزء تقريبا من ثقل كيلو جرام

(بند ٢٢)

قلنا في ماتقدم أنه اذا قرب مغناطيس من قطعة من الحديد فإن المغناطيس يؤثر على الحديد بقوة معلومة و يحدث بينهما جذب قد ينشأ عنه تحرك أحدهما كما أنه إذا قرب قطب مغناطيس من آخر حدث بينهما قوة جذب أو تنافر على حسب نوعى القطبين ومعنى هذا أن الأقطاب المغناطيسية تحدث حولها قوة مغناطيسية تؤثر على الحديد أو على أقطاب أخرى

وليس وجود هذه القوة المغناطيسية حول أى قطب خاصا بنقطة معينة فهى موجودة فى جميع النقط المحيطة بهذا القطب

تعريف :ـــ تسمى المنطقة المحيطة بأي قطب مغناطيسى والتى تظهر فيها قوته المغناطيسية بالمجال المغناطيسى له

ومن الوجهة النظرية يمكن أن نقول إن المجال المغناطيسى حول أى قطب يمتـد الى مسافة لانهائية في جميع الجهات فى الفراغ حوله

ولـكن المشاهد أن هذه القوة في أي نقطة حول المغناطيس

تضعف كلما كبرت المسافة بين النقطة وموضع القطب والتجربة رقم (٩) تثبت صحة ذلك

ولقد برهن كولومب بواسطة ميزان مسمى باسمه أن القوة بين قطبين مغناطيسيين تتناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة بينهما ولفهم هذا نضرب المثال الآتى : —

نفرض أن موضع أحد القطبين هو ا وموضع القطب الثانى ب وأن القوة بينهما هى ق١ شكل (٢٨) ثم نفرض بعد ذلك أن أحد القطبين وهو ا أخذ الوضع اَ والثانى الوضع بَ وأن القوة في هذه الحالة هى ق٢

(شكل ٢٨)

ونفرض أن المسافة اب = م١ وان المسافة اَ بَ = م٢

فبناء على اثبات كولومب نعلم أن $\frac{ق_1}{ق_2} = \frac{م_2^2}{م_1^2}$

أي أن نسبة القوتين تساوى عكس نسبة مربع المسافتين فاذا فرض أن القوة تساوى ق داين عندما كان البعد بينهما مقدارا معلوما فان هذه القوة تصبح $\frac{ق}{٤}$ داين اذا تضاعف هذا البعد

وتصبح $\frac{ب}{٩}$ اذا أصبح البعد ثلاثة أمثال البعد الاصلى وهكذا

يسمى هـذا بقانون التربيع العكسى وهو ليس خاصا بالقوة المغناطيسية بل هو قانون عام يدخل في جميع العـلوم الطبيعية وسنري أمثلة له فيما يلى

(بند ٢٣) شـدة القطب المغناطيسى :

يجب أن نلاحظ أن قوة جذب قطب المغناطيس لقطعة من الحديد ليست متوقفة فقط على المسافة بين القطب وقطعة الحديد بل أنهـا تتعلق أيضا بشدة القطب نفسه لأننا نشاهد أنه من المغناطيس الذي نستعمله توجـد قضبان قوية وقضبان ضعيفة نسميها كذلك عند أجراء تجارب عليها

والقوة المغناطيسية التى يظهرها القطب المغناطيسى عند تأثيره على الحديد أوعلى قطب آخر تتناسب مع مقدار شدة القطب

ويعرف القطب الذى شدته الوحدة من الشدة بأنه هو القطب الذي اذا وضع على بعد سنتيمتر واحد من قطب آخر مساو له في الشدة كانت القوة التى بينهما قدرها داين

ومن البديهى أن قوة التنافر بين قطبين متشابهين متوقفة على مقدار شدة كل منهما لاننا إذا جعلنا مقدار شدة أحد القطبين ثابتة وزدنا مقدار شدة الآخر زادت قوة التنافر بينهما تبعاً لزيادة شدة هذا القطب الثانى

ولهذا نستنتج ان قوة التنافر بين قطبين متشابهين تتناسب مع حاصل ضرب مقدار شدتيهما

نري إذن ان قوة التنافر بين قطبين مغناطيسين تتعلق بما يأتى:

اولا — شدة كل من القطبين وتتناسب مع حاصل ضرب الشدتين

ثانيا — تزيد عندما تصغر المسافة بينهما بحيث تتناسب مع عكس مربع المسافة

ولهذا يكون القانون الذي يعطى مقدار القوة بين الاقطاب هو

$$ق = ا \times \frac{ش \times شَ}{م^{٢}}$$

وفي هذا القانون معنى الرموز هو ما يأتى : —

ق = القوة بالداين المؤثرة بين القطبين

ش = شدة أحد القطبين مقدرة بوحدات الشدة السابق إيرادها

شَ = شدة القطب الثانى كذلك

م = المسافة بين القطبين مقدرة بالسنتيمتر

ا = مقدار ثابت

ولكن يمكن حذف المقدار الثابت ا من هذا القانون اذا تذكرنا التعريف السابق لوحدة الشدة للقطب

لأننا قلنا في هذا التعريف ان القوة تساوى داينا اذا كان

مقدار شدة كل من القطبين الوحدة وكانت المسافة سنتيمترا واحدا

فاذا عوضنا في القانون السابق ينتج ان ١ = ا × $\frac{١ \times ١}{١}$

∴ ا = ١ اذن ق = $\frac{ش \times شَ}{م^٢}$

هذا هو قانون الجذب العام

مثال تطبيقى

(١) ماهى القوة بالداين المؤثرة بين قطبين مغناطيسين شدتهما ٦ و ١٦ وحدة على التوالى اذا كانت المسافة بينهما هى ٤ سنتيمترات؟

الحل

القوة بالداين = $\frac{٦ \times ١٦}{٤^٢}$ = $\frac{٩٦}{١٦}$ = ٦ داين

(٢) شدة قطب قضيب مغناطيس هى ٨ وحدات ويبعد عن قطب مغناطيس آخر بمسافة ٦ سنتيمترات والقوة المؤثرة بين القطبين ٤ داين . أوجد شدة قطب المغناطيس الآخر

الحل

٤ = $\frac{٨ \times شَ}{٦^٢}$ = $\frac{٨ \times شَ}{٣٦}$ ∴ شَ = $\frac{٤ \times ٣٦}{٨}$ = ١٨ وحدة

(بند ٢٤) <u>طرق مقارنة شدة أقطاب مختلفة</u>

لهذا طريقتان شهيرتان :

أولا ـ طريقة التذبذب

ثانيا ـ طريقة الانحراف

الطريقة الأولى : طريقة التذبذب

يقال للجسم أنه يتحرك حركة تذبذبية اذا كانت حركته تتكرر عدة مرات على خط واحد معلوم حول وضع متوسط له

وأسهل مثال لذلك من دروسنا هذه حركة إبرة مغناطيسية او قضيب ممغطس علق تعليقا خالصا بخيط رأسى ليتحرك فى مستوى أفقى فاننا نشاهد عند تعليق الابرة او المغناطيس أنه يتحرك ذهابا وإيابا حول الوضع المتوسط الذي يأخذه نهائيا وهذا الوضع النهائى هو الذى يكون فيه متجها شمالا وجنوبا ونلاحظ أيضا في هذا المثال ان الحركة بطيئة اى ان الزمن الذى يأخذه المغناطيس من أقصى وضع له فى إحدى الجهتين الى أقصى وضع له في الجهة الأخرى يكون زمنا غير وجيز ويقدر ببضع الثوانى

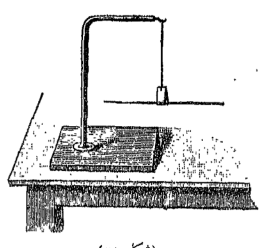
تعريف ـ يقال للزمن الذي يأخذه الجسم عندما يبتدئ من نقطة ما الى ان يعود الى نفس النقطة متحركا فى نفس الاتجاه بزمن الذبذبة الكاملة

(تجربة ١٦)

خذ إبرة مغناطيسية او قضيبا ممغطسا وعلقه تعليقا خالصا بخيط رأسى وحركه قليلا في المستوي الأفقى الذي يمكن ان يتحرك فيه لكى لا يكون اتجاهه شمالا وجنوبا تماما ثم اتركه تجد أنه يتحرك الحركة التذبذبية التى شرحناها الآن

بعد ذلك قدر عدد مرات اهتزازه أو تذبذبه في دقيقة ثم فى دقيقتين ثم فى ثلاثة فتجد ان عدد ذبذباته فى دقيقتين ضعف عدد ذبذباته في دقيقة واحدة وان عدد ذبذباته فى ثلاث دقائق يساوي ثلاثة أمثال عدد ذبذباته في دقيقة واحدة

من هذا نستنتج ان زمن الذبذبة الواحدة يكون ثابتا دائما طول مدة الحركة شكل (٢٩) ولو ان سعة ذبذبته تقل بالتدريج أثناء الحركة



(شكل ٢٩)

فمثلا اذا وجد أن عدد الذبذبات في دقيقة واحدة ١٢ ذبذبة كاملة فيكون زمن الذبذبة الكاملة $\frac{٦٠}{١٢}$ = ٥ ثوانى

(تجربة ١٧)

خــــذ ثقلا معلوما وليكن كيلو جراما مثلا وعلقه من أسفل خيط رأسى طرفه الأعلى مثبت فى حامل شكل (٣٠) وليكن وضع الخيط اذ ذاك هو م ا ثم حرك الثقل

(شكل ٣٠)

قليلا الى إحدى الجهتين ليأخذ الوضع (ب) مع بقاء نقطة التعليق م ثابتة ثم اتركه تجد انه يعود الى (ا) ثم يتمم حركته الى (ﺣ) الى الجهة الأخرى من (ا) بحيث تكون النقطتان ب ، ﺣ متماثلتين وضعا بالنسبة للنقطة المتوسطة (ا) وتجد أنه بعد زمن ما يقف الثقل ثانيا فى وضعه المتوسط م ا

هذه حركة تذبذبية أخري ميكانيكية تسمى حركة البندول البسيط ويمكن إثبات أن زمن الذبذبة فيها يكون ثابتا اما من نظريات الميكانيكا أو بأجراء تجربة كما قدمنا كما يمكن أيضا إيجاد زمن الذبذبة الكاملة

وفي كل حال يتحرك فيها الجسم حركة تذبذبية يكون واقعا في مجال معلوم يؤثر عليه بقوة مركزية تجذبه نحو المركز المتوسط له

ففى الحالة الاولى حالة حركة المغناطيس المعلق يكون المجال المؤثر هو المجال المغناطيسى الارضى والقوة التى تؤثر عليه لتجعله يأخذ الوضع المتوسط هى القوة التى توجهه شمالا وجنوبا

وفي حالة تحرك البندول يكون المجال المؤثر هو المجال التثاقلى الناشئ من جاذبية الارض والقوة المؤثرة عليه لتجعله يأخذ الوضع المتوسط هى قوة التثاقل أو وزن الجسم وتؤثر رأسيا الى أسفل نحو مركز الارض

(بند ٢٥) العلاقة بين سرعة التذبذب وقوة المجال

تتعلق سرعة تذبذب الجسم بقوة المجال الذى يتحرك فيه هذا

الجسم وكلما زادت قوة المجال زادت سرعة تحركه وقل زمن الذبذبة الكاملة وفي حالة المغناطيس المعلق الذي ضربناه مثلا لحركتنا التذبذبية تكون القوة الناشئة من المجال المغناطيسي الارضي والمسبب لحركته في المستوي الافقي غير ثابتة المقدار في الاماكن المختلفة على سطح الارض فمقدار هذه القوة الافقية أكبر مايمكن عند خط الاستواء وأقل مايمكن عند القطبين

ولاثبات ان سرعة التذبذب تتعلق بقوة المجال نجري التجربة الآتية :

تجربة (١٨) :

علق ابرة مغناطيسية تعليقا خالصا لتتحرك في مستوى أفقي وبعد أن تثبت شمالا وجنوبا بتأثير المغناطيسية الأرضية قرب من قطبها الشمالى مثلا القطب الجنوبى لمغناطيس قوى تجد ان القطب الشمالى لها يتجه بسرعة نحو القطب الجنوبى للمغناطيس وتتذبذب الابرة بسرعة حول هذا الاتجاه الى ان تسكن

أعد التجربة مرارا باستعمال عدة قضبان ممغطسة بقوات مختلفة تجد ان سرعة تذبذب الابرة عند اتجاهها نحو المغناطيس المؤثر عليها تكون تابعة لقوة المغناطيس المؤثر هذا بفرض تساوي مسافة التأثير. وبالبرهان النظري الذي لايمكن ايراده هنا يمكننا ان نثبت ان قوة المغناطيس تتناسب مع مربع عدد الذبذبات الكاملة في ثانية

تجربة (١٩) :

علق ابرة مغناطيسية تعليقا خالصا لتتحرك في مستوي أفقي

متأثرة بالمجال المغناطيسى الأرضى ثم أوجد عدد الذبذبات الكاملة فى ثانية واحدة وافرض انه ذ بعدذلك قرب من القطب الجنوبى للأبرة قطباشماليا لمغناطيس معلوم بحيث يكون اتجاه المغناطيس هذا فى اتجاه خط الزوال ثم أوجد عدد الذبذبات في ثانية واحدة وأفرض أنه $\text{ذ}_{١}$ بعد ذلك قرب مغناطيسا آخر بحيث يكون قطبه الشمالى أمام القطب الجنوبى للأبرة واتجاه المغناطيس كما قدمنا شمالا وجنوبا . وبحيث يكون البعد بين قطبه المؤثر وقطب الابرة الجنوبى هو نفس البعد فى الجزء الاول من التجربة ثم أوجد عدد الذبذبات فى الثانية أيضا وأفرض أنه $\text{ذ}_{٢}$ فلو فرضنا أنه يمكن اهمال قوة المجال الأرضى بالنسبة لقوة المجال الحادث من كل من المغناطيسية فيكون

$$\frac{\text{شدة القطب الأول}}{\text{شدة القطب الثانى}} = \frac{\text{ذ}_{١}^{٢}}{\text{ذ}_{٢}^{٢}}$$

اما اذا لم يكن مقدار قوة المغناطيسية الأرضية قليلا بالنسبة لمقدار قوة القضبان فى التجربة فيجب ان تكون النسبة الحقيقية المطلوبة هى

$$\frac{\text{شدة القطب الأول}}{\text{شدة القطب الثانى}} = \frac{\text{ذ}_{١}^{٢} - \text{ذ}^{٢}}{\text{ذ}_{٢}^{٢} - \text{ذ}^{٢}}$$

ملاحظة : — يمكن بأجراء التجربة بمغناطيس واحد يؤثر على الابرة ان نثبت صحة قانون التربيع العكسى وذلك بأن تجرى التجربة عدة مرات بوضع المغناطيس على أبعاد مختلفة من الابرة وبما ان شدة المغناطيس المؤثر هى دائما واحدة في هذه الحاله

فيكون الفرق في عدد الذبذبات ناشئاً من تغير المسافة فقط

وإذا أجريت التجربة بدقة يجب ان نصل الى ما يأتى :

نفرض ان البعد بين قطب المغناطيس المؤثر وقطب الابرة هو م_1 ، م_2 ، م_3 من السنتيمترات في ثلاث تجارب مثل هذه ونفرض ان عدد الذبذبات على التوالى هى ه_1 ، ه_2 ، ه_3 وان عدد ذبذبات الابرة وحدها بتأثير المغناطيس الأرضى هى ه فيجب ان نحصل على النتائج الآتية

$$\text{ه}_1^2 - \text{ه}^2 : \text{ه}_2^2 - \text{ه}^2 : \text{ه}_3^2 - \text{ه}^2 = \frac{1}{\text{م}_1^2} : \frac{1}{\text{م}_2^2} : \frac{1}{\text{م}_3^2}$$

وبما أننا ذكرنا ان مربع عدد الذبذبات يتناسب طرديا مع قوة المجال إذن قوة المجال فى نقطة ما تتناسب مع عكس مربع المسافة بين النقطة والقطب المحدث للمجال

وليس هذا البحث وافيا لأننا فرضنا وجود قطب واحد ولكن بما ان جميع تجاربنا هذه عملت بواسطة مغناطيس له قطبان فلابد أن يكون القطب الثانى له تأثير فى البحث ولكننا أهملنا هذا أولا لأننا نجد أنه يتطلب معلومات رياضية أكبر مما لا نريد أن نذكر فى هذا الكتاب وثانيا لأنه اذا فرض وكان المغناطيس طويلا يمكن ان نحذف تأثير القطب الثانى لبعده عن نقطة التأثير خصوصاً وأننا ذكرنا ان هذا التأثير يتناسب مع عكس مربع المسافة

(بند ٢٦) طريقة الانحراف :

لشرح هذه الطريقة يلزمنا بحث بسيط فى حساب محصلة قوتين فى علم الميكانيكا

من المعلوم ان القوة التى تجعل الابرة المغناطيسية تتجه شمالا وجنوبا هى قوة المجال الارضى ويمكن توضيح ذلك بالرسم كما في (شكل ٣١) نفرض أن ا ب ابرة مغناطيسية تدور فى مستوى أفقى حول محور رأسى ترتكز عليها فى مركزها م فتكون القوات المؤثرة على أقطاب الابرة من تأثير أقطاب الكرة الارضية هى كما يأتى

أولا — قوة تجاذب بين القطب الشمالى الأرضى والقطب الشمالى ا (الباحث عن الشمال) للابرة

ثانيا — قوة تنافر بين القطب الجنوبى الأرضى والقطب الشمالى ا (الباحث عن الشمال) للابرة

هاتان القوتان مجتمعتان يؤثران فى اتجاه السهم المرسوم أمام القطب الشمالى (ا) للابرة .

وبالمثل يوجد قوتان مؤثرتان على القطب الجنوبى (ب) للابرة يبين اتجاه مجموعهما بالسهم المرسوم أمام هذا القطب ب يمكن الطالب أن يبينهما مما ذكرناه عن القطب (ا)

فلو رمزنا بالحروف $ق_1$ $ق_2$ $ق_3$ $ق_4$

شكل (٣١)

لمقادير هذه القوات على التوالى ينتج ان القوة الكلية عنـد ا =
$ق_١ + ق_٢$ والقوة الكلية عند ب = $ق_٣ + ق_٤$

وبما أن طول الابرة ا ب مسافة لا تذكر بجانب بعـد الابرة عن أي من القطبين الشمالى الارضى والجنوبى الارضى

وبما أن شدة القطبين الأرضيين واحدة وشدة قطبي الابرة واحدة أيضا لذلك ينتج أن $ق_١ = ق_٣$

أى أن قوة جذب القطب الشمالى للارض للقطب الباحث عن الشمال (ا) للابرة تساوي قوة تنافر القطب الشمالى الأرضى للقطب الباحث عن الجنوب (ب) للابرة و بالمثل $ق_٢ = ق_٤$

$$\therefore ق_١ + ق_٢ = ق_٣ + ق_٤$$

وأخيرا ينتج أن القوة الكلية عنـد ا فى الاتجاه نحو الشمال الارضى تساوى القوة الكلية عند ب في الاتجاه الجنوبى الأرضى وهاتان قوتان متساويتان ومتضادتان فينتج اذن أن الابرة لا يمكن ان تتحرك بأجمعها كجسم واحـد نحو اى من القطبين الارضيين وهذه نتيجة هامة يقال لها القوة التوجيهية على الابرة

ومعنى هذا أن تأثير القوة المغناطيسية على الابرة قوة توجيه فقط تجعل الابرة تتجه شمالا وجنوبا ولـكن لا تحدث فى الابرة بأجمعها ككتلة واحدة اى حركة نحو القطب الشمالى او القطب الجنوبى الارضى مهما قربنا الابرة من اى منهما

(تجربة ٢٠) لأثبات فعل الأرض التوجيهى على مغناطيس

نأخذ حوضا من الماء ونضع فيه قطعة من الفلين ونضع فوق قطعة الفلين قضيبا مغناطيسيا ليكون أفقيا فوق الفلين فنجد أن المغناطيس يدور إلى أن يقف شمالا وجنوبا دون أن يتحرك بما تحته من الفلين إلى جانب من جوانب الحوض شكل (٣٢) ولو كان هناك أى فرق بين القوتين المؤثرتين من الأقطاب الأرضية على أقطاب المغناطيس لتحرك القضيب فى الجهة التى تكون فيها القوة أكبر ولكن هذا لا يحدث كما أثبتنا هذا أيضا بالبرهان النظري

شكل (٣٢)

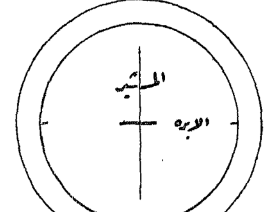
لهذا إذا رمزنا للقوة المغناطيسية الأرضية من قطبي الارض المؤثرة على أحد قطبي الابرة أو المغناطيس بالحرف $ق_١$ وجب أن نرمز للقوة على القطب الآخر بنفس الحرف $ق_١$

نفرض بعد ذلك أننا قربنا أحد قطبي مغناطيس وليكن الشمالى مثلا أمام منتصف الابرة فان هذا القطب يؤثر على قطبي الابرة بقوة واحدة لتساوى المسافتين فيجذب القطب الجنوبى وينفر الشمالى ولكى نجعل المسألة بسيطة نفرض أن طول الابرة قليل بالنسبة للمسافة بين القطب ش وأقطاب الابرة فنجد أن الابرة تنحرف لتأخذ وضعا آخر ويكون مقدار



(شكل ٣٣)

انحرافها عند وضعها الأصلى قبل إحضار القطب
ش دليلا على قوة القطب الذى أحضر للتأثير عليها
يمكن إثبات ذلك بالتجربة بأن تقرب القطب
المؤثر إلى الابرة فتجد أن الانحراف يزيد وإذا
أبعدته تجد أن الانحراف يقل ولاجراء هذه
التجربة بدقة أكثر تستعمل ابرة صغيرة كما
اشترطنا سابقا داخل علبة دائرية محيطها مقسم إلى
درجات لسهولة قراءة الانحراف وأيضا لكى
تكون العلبة كبيرة الحجم بدرجة يمكن ان يكون
تقسيم الدرجات عليها واضحا مع بقاء طول الابرة
داخلها صغير كما ذكرنا يثبت فوق الابره مشير طويل
عمودي على طولها بحيث يمكن بواسطة المشير
قراءة الدرجات المطلوبة الدالة على الانحراف



شكل (٣٤)

لهذا يمكن مقارنة شدة قطبين كما يأتي :

ضع أحد القطبين على مسافة معلومة من العلبة التى بها الابرة المغناطيسيه واقرأ مقدار الانحراف الناشيء وليكن هـ° ثم ارفع هذا القطب وضع القطب الثانى مكانه تماما واقرأ الانحراف الناشيء وليكن و° والنسبة بين شدة القطبين هى النسبة بين ظلى الزاويتين و° ، هـ°

ملاحظة — اذا لم يعرف الطالب معنى ظل الزاوية لأنه لم يدرس حساب المثلثات فاننا نبين له ما نقصد بطريقه أخري كما يأتى

ارسم مثلثا قائم الزاوية ا ب حـ تكون احدي زاوياه الزاوية الحادة ا حـ ب هى مقدار هـ° التى وجدت اولا شكل (٣٥) ثم من النقطه حـ فى هذا المثلث ارسم مستقيما حـ ء يصنع الزاوية و° مع الضلع ب حـ ويقابل ا ب في ء فتكون نسبة ظلى الزاويتين هـ° ، و° هى النسبة بين المستقيمين ا ب ، ء ب

∴ $\frac{\text{شدة القطب الأول}}{\text{شدة القطب الثانى}} = \frac{\text{ا ب}}{\text{ء ب}}$

شكل (٢٥)

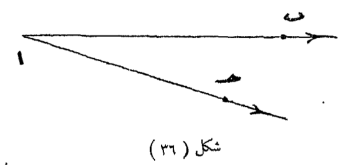
هذا البحث أيضا ينقصه بعض الدقة لأننا أهملنا هنا تأثير القطب الثانى للمغناطيس ولكن استيفاء هذا

البحث بأدخال تأثير القطب الثانى و إيجاد القانون التام سياتى ذكره بعد فى كتابنا الثانى

(بند ٢٧) خطوط القوى المغناطيسية

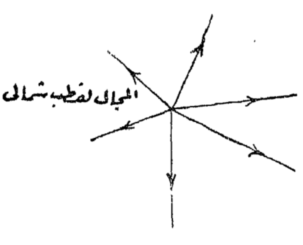
يلاحظ الطالب أننا فيما تقدم فرضنا وجود قطب واحد يحدث المجال المغناطيسى وعلى هذا الفرض اذا وضع قطب آخر فى مجال هذا القطب الأول فأنه لا يوجد الا قوة واحدة بينهما اما جذب او تنافر حسب نوعى القطبين

مثلا نفرض ان القطب المؤثر هو (ا) شكل (٣٦) فيكون حول



شكل (٣٦)

هذا القطب مجال مغناطيسى واذا فرضنا قطبا آخر (ب) من نوعه فان بين القطبين توجد قوة تنافر خط تأثيرها واتجاهها مبين بالسهم عند (ب) اى فى الاتجاه من ا الى ب وكذلك اذا فرض ان القطب (ب) انتقل الى (م) فتكون القوة المؤثرة فى الاتجاه ام وهكذا لاي وضع آخر. وبتكرار هذه العملية و إيجاد اتجاهات أخري ينتج ان جميع القوى التى فى المجال الحادث من القطب (ا) هى قوات تؤثر فى اتجاه مستقيمات ترسم من (ا) في جميع الجهات حولها شكل (٣٧)



شكل (٣٧)

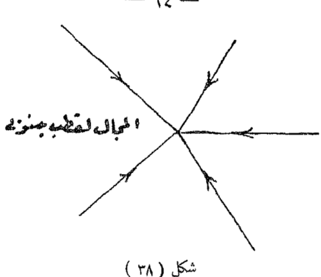
هذه المستقيمات تسمى خطوط القوى المغناطيسية للمجال المذكور

ولايجاد خط القوة عند نقطة س مثلا فى هذا المجال نصل ا س فيكون اتجاه المستقيم من ا الى س هو اتجاه خط القوة المار بالنقطه س وعليه اذا وضع قطب عند س كانت القوة المؤثرة عليه فى اتجاه هذا المستقيم ويكون اتجاهها من ا الى س اومن س الى ا حسب نوعى القطبين كما ذكرنا سابقا ولكيلا يكون هناك لبس في الاتجاه اتفق على ان القطب المتأثر يكون دائما قطبا شماليا

ولذلك اذا كان القطب المحدث للمجال و من الموجود في (ا) شماليا كان اتجاه القوة كما هو مبين بالشكل السابق شكل (٣٧)

وأما اذا كان قطبا جنوبيا كان اتجاه القوة كما هو مبين شكل (٣٨)

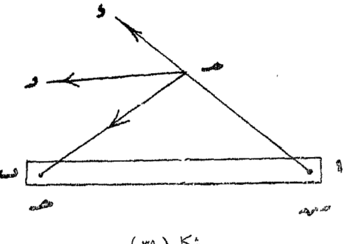
ليست هذه الخطوط قاصره على المستوى الواحد المبين بالرسم فهى حقيقة توجد في الفراغ حول القطب المؤثر (ا)



شكل (٣٨)

بند (٢٨) المجال حول مغناطيس

نأخذ الآن مغناطيسا كاملا بقطبيه الشمالى و الجنوبى ونفرض أننا نريد تخطيط خطوط القوة المغناطيسية و في هذا المجال نفرض ان (ا) موقع القطب الشمالى ؟ (ب) موقع القطب الجنوبى وأن (حـ) نقطة ما فى المجال فتكون هناك قوه تنافر بين القطب الشمالى الموضوع فى (حـ) والقطب الشمالى (ا) للمغناطيس واتجاه هذه القوة على المستقيم ا حـ ومن ا الى حـ شكل (٣٩)



شكل (٣٩)

وكذلك يكون بين القطب الذى في (هـ) والقطب الجنوبي ب قوة تجاذب فى اتجاه المستقيم هـ ب واتجاهها من هـ الى ب

وبما أن القطب المتأثر فى هـ واحد وأيضا القطبان ا ؟ ب متساويان إذن النسبة بين القوتين على الترتيب هى النسبة العكسية لطول مربعى المستقيمين ا هـ ؟ ا ب

فاذافرض ان هـ ا أصغر من هـ ب كانت القوة الاولى (التنافر بين هـ ؟ ا) أكبر من القوة الثانية (التجاذب بين هـ ؟ ب)

والنتيجة ان القطب هـ يكون واقعا تحت تأثير قوتين فى الاتجاهين هـ ى ؟ هـ ب

ومعلوم من علم الميكانيكا ان تأثير هاتين القوتين مجتمعتين يعادل قوة اتجاهها هـ و

ويكون المستقيم هـ و واقعا بين المستقيمين هـ ى ؟ هـ ب وأقرب الى اتجاه القوة الكبري

هذه هى الطريقة التى بها يمكن ايجاد مقدار وتأثير القوة الناشئة من هذا المجال المغناطيسى في اي نقطة منه

من هذا يتبين لنا أنه في كل نقطة حول المغناطيس وفى مجاله توجد قوة مغناطيسية مؤثرة مقدارها واتجاهها يتوقف على موقع النقطة ولمقارنة قوات المجالات المختلفة يفرض دائما ان القطب المتأثر والذى أخذ الأوضاع المختلفة في المجال هو قطب شمالى شدته الوحدة كما بينا في البحث السابق

و من هذا نستنتج التعريف الآتى :

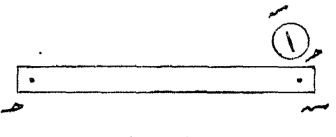
شدة المجال المغناطيسى في نقطة ما هى القوة المؤثرة على وحدة الأقطاب الشمالية الموضوعة في هذه النقطة

بند (٢٩) خطوط القوي المغناطيسية فى مجال قضيب ممغطس

نرى من البند السابق ان مقادير و اتجاه قوات المجال المغناطيسى لقضيب ممغطس تتغير بتغير وضع النقطة و لبيان ذلك بالتجربة نجرى العمل كما يأتى :

تجربة (٢١)

ضع قضيبا ممغطسا على قطعة من الورق فوق منضدة أفقية وخذ أبرة صغيرة مغناطيسية وضعها بالقرب من قطبها الشمالى تلاحظ ان الأبره الصغيرة تأخذ وضعا كالمبين بالشكل (٤٠) و تتجه الأبره



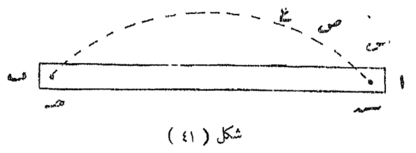
شكل (٤٠)

بقطبها الجنوبى نحو القطب الشمالى للمغناطيس كما فى الشكل

عين على الورقة موضع القطب الشمالى للأبرة بنقطة مثل س ثم انقل هذه الأبرة بأجمعها لكى ينطبق قطبها الجنوبى على هذه النقطة المعينة س و عين موقع القطب الشمالى للأبرة في هذا الوضع الثانى بالنقطة ص مثلا وانقل الأبرة الى وضع ثالث يكون فيها قطبها

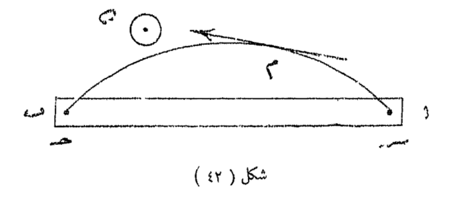
الجنوبي عند س وكرر نفس العملية عدة مرات

فاذا أجريت هذه العملية بدقة تنتج خط منكسر يمر بالنقط ا ، س ، س الخ مبتدئا من القطب الشمالى ا ومنتهيا عند القطب ب وعندما يصغر طول الابرة المستعملة فى هذه العملية الى حد صغير جدا تصل أقسام الخط المنكسر الى عدد كبير جدا ويمكننا ان نعتبره خطا منحنيا شكل (٤١) هذا الخط المنحنى هو الذى نسميه



شكل (٤١)

خط القوة المغنطيسية وظاهر من التجربة أنه لو وضعت في هذا المجال أبرة مغناطيسية صغيرة على نقطة من هذا الخط المنحنى



شكل (٤٢)

فأنها تتجه فى اتجاه المماس لهذا الخط عند هذه النقطة ومعنى ذلك أننا اذا أخذنا اي نقطة مثل م على هذا الخط ورسمنا منها

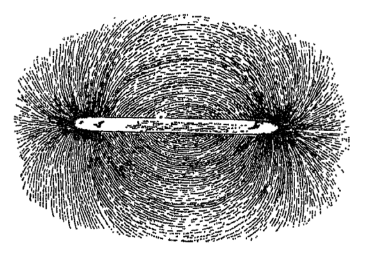
المماس م ن لهذا الخط المنحنى كان اتجاه م ن شكل (٤٢) هو اتجاه الابرة الصغيرة التى توضع عند م وبعبارة أخرى يكون الاتجاه م ن اتجاه القوة المغناطيسية في هذا المجال عند النقطة م

نستنتج التعريف الآتى :

خط القوة المغناطيسى فى أى مجال مغناطيسى هو الخط الذي إذا رسم له مماس عند أى نقطة كان اتجاه هذا المماس اتجاه القوة المغناطيسية لهذا المجال عند هذه النقطة

ويمكن رسم عدد لانهاية له من خطوط القوة المغناطيسية لأنه واضح من التجربة السابقة أنه لكل نقطة نبتدئ بها فى رسم الخط ينتج خط مخالف للذى يبتدئ من أي نقطة أخرى

وشكل ٤٣ يبين عدة خطوط للقوى فى المجال السابق الذكر



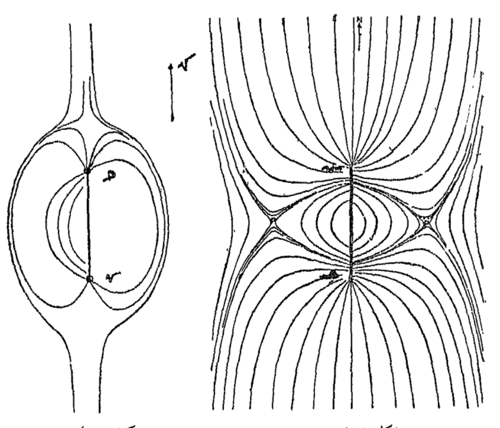
شكل (٤٣)

ويحسن دائما أن نبين الاتجاه على هذه الخطوط كما فى الشكل ومما تقدم نعلم أن الاتجاه لابد أن يكون من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى

بند (٣٠) استعمال برادة الحديد لتخطيط المجال

(تجربة ٣٢) :

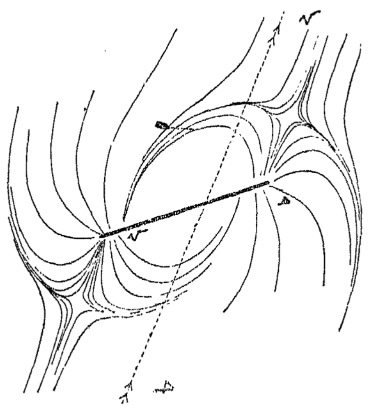
ضع قضيبا مغناطيسيا فوق منضدة أفقية وضع فوقه قطعة من الورق تكفى لتغطيته بجميع طوله ورش فوق الورقة مقداراً من برادة الحديد مع دق الورقة دقا خفيفا طول الوقت تجد أن البرادة تترتب على الورقة لتكون شكلا يماثل الشكل السابق شكل (٤٣) ويتكون عندك خطوط القوة المغناطيسية فى هذا المجال



شكل (٤٤)
المجال المغناطيسى لقضيب ممغطس متجه قطبه الشمالى نحو الشمال

شكل (٤٥)
المجال المغناطيسى لقضيب ممغطس متجه قطبه الشمالى نحو الجنوب

يمكن استعمال هذه الطريقة لرسم خطوط القوة المغناطيسية في أحوال أخرى كثيرة نأخذ منها الأمثلة الآتية :



شكل (٤٦)

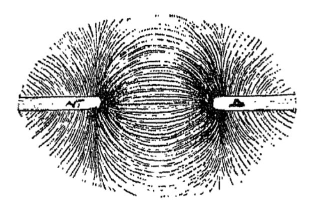
المجال المغناطيسي لقضيب ممغطس محوره مائل على الخط الشمالى الجنوبى للارض

شكل (٤٤) يبين المجال المغناطيسى لقضيب ممغطس متجه قطبه الشمالى نحو الشمال

شكل (٤٥) يبين المجال المغناطيسى لقضيب ممغطس متجه قطبه الشمالى نحو الجنوب

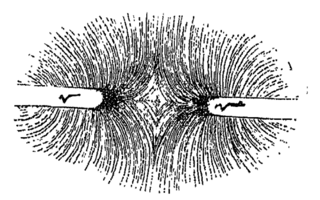
وشكل (٤٦) يبين المجال المغناطيسى لقضيب ممغطس محوره مائل على خط الشمال الجنوبى للارض

وشكل (٤٧) يبين المجال المغناطيسى لقضيبين على استقامة واحدة قطباهما المختلفان متجاوران وشكل (٤٨) يبين المجال المغناطيسى لقضيبين على استقامة واحدة قطباهما المتماثلان متجاوران



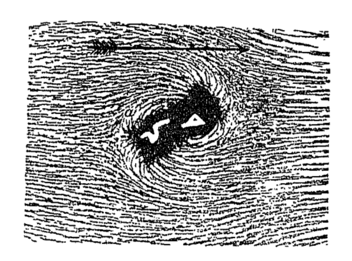
شكل (٤٧)

المجال المغناطيسى لقضيبين على استقامة واحدة قطباهما المختلفان متجاوران



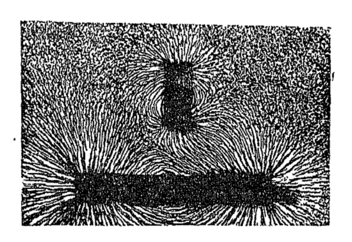
شكل (٤٨) المجال المغناطيسى لقضيبين على استقامة واحدة قطباهما المتماثلان متجاوران

وشكل (٤٩) يبين المجال المغناطيسى لقضيب ممغطس مائل بالوضع المبين بالرسم وشكل (٥٠) يبين المجال المغناطيسى لقضيبين محوراهما متعامدان على بعضهما



شكل (٤٩)

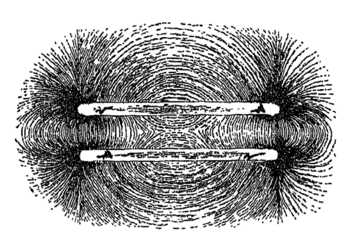
المجال المغناطيسى لقضيب ممغنطس مائل بالوضع المبين بالرسم



شكل (٥٠)

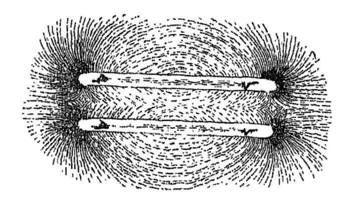
المجال المغناطيسى لقضيبين محوراهما متعامدان على بعضهما

وشكل (٥١) يبين المجال المغناطيسى لقضيبين متوازيين أقطابهما

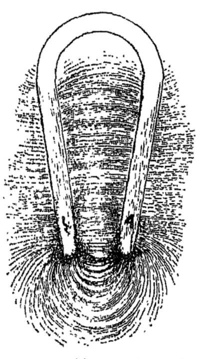


شكل (٥١) المجال المغناطيسي لقضيبين متواز يين أقطابهما المختلفة فى اتجاه واحد

المختلفة في اتجاه واحد وشكل (٥٢) يبين المجال المغناطيسى لقضيبين متوازيين أقطابهما المتماثلة فى اتجاه واحد وشكل (٥٣) يبين المجال المغناطيسى لمغناطيس على هيئة نعل الفرس



شكل (٥٢) المجال المغناطيسى لقضيبين متواز يين أقطابهما المتماثلة فى اتجاه واحد



شكل (٥٣) المجال المغناطيسى لمغناطيس على هيئة نعل الفرس

بند (٣١) يتبين لنا من الشرح السابق ان هناك طريقتين لرسم خطوط القوة المغناطيسية في المجال

أولا — طريقة الأبرة المغناطيسية الصغيرة

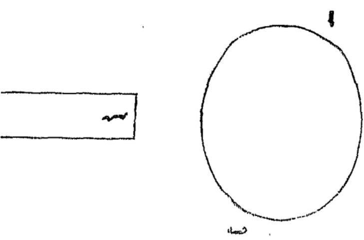
ثانيا — طريقة البرادة

وفي كل من الحالتين تلاحظ من الشكل ان هذه الخطوط تكون متقاربة و يكثر عددها فى مسافة معلومة بالقرب من القطبين و تكون متباعدة و يقل عددها كلما بعدنا عن القطبين

و معلوم ان شدة المجال تكون اكبر ما يمكن عند القطبين وتقل بالبعد عنهما. لذلك نستنتج ان عدد خطوط القوة المغناطيسية فى منطقة ما حول مغناطيس يمكن أخذه مقياسا لمقدار شدة المجال

وفي الحقيقة قد اتفق على أن مقدار مارسم من هذه الخطوط في السنتيمتر المربع حول نقطة ما من المجال المغناطيسى يجب ان يكون مساويا لمقدار شدة المجال مقدرة بالداين عند هذه النقطة

ولشرح ذلك نفرض ان ا ب دائرة (فى مستوي عمودي على مستوي الورقة) مساحتها سنتيمتر مربع تماما وأن أمامها القطب الشمالى لمغناطيس ما (شكل ٥٤)



شكل (٥٤)

فأننا نعلم مما تقدم ان خطوط القوة المغناطيسية تخرج من هذا القطب فى جميع الاتجاهات حوله فلا بد لجزء منها ان يكون مارا بمساحة هذه الدائرة

فاذا كانت شدة المجال عند سطح هذه الدائرة = ٥ داين مثلا وجب ان نبين خمسة خطوط تمر من سطح هذه الدائرة وخارجة من المغناطيس لكل سنتمتر مربع

يلاحظ مما تقدم ان هناك عدة شروط يجب ان تتوافر لكى يكون ما قدمنا صحيحا

أولا ـ يجب أن تكون شدة المجال واحدة على جميع نقط سطح الدائرة والا وجب ان نأخذ أجزاء صغيرة من هذه المساحة ونحسب الشدة عند كل نقطة وهذا يحتاج لبحث رياضى آخر

ثانيا — يجب ان يكون اتجاه خطوط القوة عموديا على سطح الدائرة وان لم يمكن كذلك وجب ان ندخل جيوب أو جيوب تمام زوايا الميل وتحتاج إذن لبحث رياضى آخر

ومع كل هذا فاننا نقصد من الشرح التقريبى السابق ان نقرب من ذهن الطالب معنى خطوط القوة المغناطيسية

بند (٣٢) قد يظن الطالب ان هذه الخطوط المسماة خطوط القوة المغناطيسية لها حقيقة خصوصا بعد ان وجدها بطريقة البرادة او طريقة الأبرة المغناطيسية الصغيرة

ولكن الواقع انها مجرد فرض تخيلى يساعد على فهم المجالات المغناطيسية واختلاف شدتها فى النقط المختلفة ومع كل هذا فستجد فى الجزء العملى ان استعمالها يساعد كثيرا على فهم الظواهر المغناطيسية الدقيقة المختلفة

وزيادة على ذلك فأن تسميتها خطوط مغناطيسية فيه الخطأ الهندسى المعروف من ان الخط ليس له سمك مطلقا فكيف يمكن ان يوجد مثلا خمسة خطوط في مسافة سنتيمتر مربع كما قدمنا اذا لم يكن لهذه الخطوط سمك

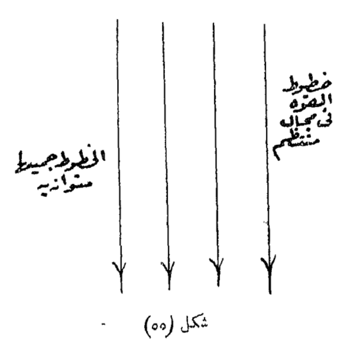
لهذا يكون الأوفق تسميتها انابيب مغناطيسية لاخطوط

مغناطيسية ولكن مع التساهل وكثرة الاستعمال حفظت كلمة خطوط واستعملت فى جميع الاحوال

بند (٣٣) ملاحظات عامة على المجال المغناطيسى

اولا — اذا كان عدد الخطوط دائما واحدا في جميع مناطق المجال المغناطيسى كان هذا المجال ذا شدة ثابتة ويسمى مجالا مغناطيسيا منتظما وبديهى من الهندسة ان هذا لا يتأتى الا اذا كانت خطوط القوة نفسها متوازية

والمثال الوحيد الذي يجب ان نعرفه لذلك هو المجال المغناطيسى الأرضى ولذلك يبين هذا المجال بخطوط متوازية يتجه في اتجاه القوة المغناطيسية الأرضية اي فى الاتجاه من الشمال الى الجنوبى انظر شكل (٥٥)

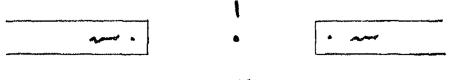


شكل (٥٥)

ومع أن هـذا الفرض تقريبي لان مقدار القوة المغناطيسية الأرضية يختلف في النقط المختلفة على سطح الارض كما أن مقدار القوة في اتجاه أفقي يختلف عن مقداره في اتجاه رأسي في الامكنة المختلفة إلا أنه في المكان الواحد لا يمكن ان يكون هناك أي فرق يذكر في جميع النقط حوله وذلك لأن سعة أي غرفة أو كبر أي جهاز نستعمله لا يمكن أن يعد شيئاً بالنسبة للمسافة بين قطبي الكرة الأرضية كما ذكرنا ذلك في مناسبة أخرى أنظر بند(٢٦)

ثانياً — قد توجد نقط في بعض المجالات تكون القوة المغناطيسية فيها معدومة وأمثلة ذلك كثيرة منها النقطة التي تكون على بعدين متساويين من قطبين متساويي الشدة ومن نوع واحد أنظر الأشكال المغناطيسية بند (٣٠)

فاذا فرض كما في شكل (٥٦) ان $س_١$ و $س_٢$ قطبان شماليان



شكل (٥٦)

متساويان في الشدة وكانت ا نقطة في وسط المسافة بينهما تماما كانت القوة عند ا صفرا وفعلا اذا وضعت ابرة صغيرة عند ا لا تأخذ أي اتجاه كان إلا اذا كان تأثير المغناطيسية الأرضية شيء يذكر بالنسبة لتأثير المغناطيسيات المستعملة في هذه التجربة

كذلك اذا رسم مستقيم يمر بنقطة ا عموديا على الخط الواصل بين القطبين فان جميع نقط هذا المستقيم ينطبق عليها الشرط السابق

أي لا يكون فيها قوة مغناطيسية من هذين القطبين مجتمعين

هذا يفسر لك شكل المجال بين قطبين من نوع واحد وكيف أنه توجد مسافة خالية من البرادة في منتصف المسافة بينهما

ثالثاً — قد توجد هذه النقط المعدومة القوي أيضا في مجال قضيب مغناطيسى معتاد وذلك لأنه مهما كبرت أو صغرت شدة المجال الحادث من هذا المغناطيس فلا بد أن توجد نقطة تكون فيها شدة هذا المجال تساوى وتضاد شدة المجال الارضى وكذا لابد أن توجد نقطتان دائما يحدث فيهما ذلك أي تكون القوة النهائية للمجالين (مجال المغناطيس المعلوم والمجال الأرضى) معا صفرا

رابعاً — عند تخطيط المجالات المغناطيسية بواسطة البرادة يكون هناك تأثير في ترتيب البرادة ناشئ عن وجود المجال الأرضى ولهذا إذا كانت الورقة كبيرة وكان المغناطيس المستعمل ضعيفا نجد أنه عند النقط البعيدة من المغناطيس تكون الخطوط متوازية دلالة على أنها خطوط المغناطيسية الأرضية

أسئلة

(١) اشرح معنى المجال المغناطيسى وأيضا خطوط القوي المغناطيسية

(٢) إرسم قضيبا ممغطسا وعين قطبيه ثم وضح بخطوط منقطة المجال المغناطيسى الحادث منه وكذلك اذا كان هذا القضيب على هيئة نعل الفرس .

(٣) اشرح بالتفصيل الطرق اللازمة لمقارنة شدة أقطاب مختلفة

(٤) القوة المؤثرة بين قطبين مغناطيسيين تزداد بنقصان المسافة

بينهما ـ أذكر القانون الدال على ذلك وكيف يمكن برهنته بتجربة.

(٥) ماهى القوة بالداين المؤثرة بينهما قطبين مغناطيسيين شدتهما ٥ و ٢٠ وحدة على التوالى إذا كانت المسافة بين بينهما ٥ سنتيمترات   الجواب (٤ داين)

(٦) شدة قطب قضيب مغناطيسى هى ٤٥ وحدة ويبعد عن قطب مغناطيس آخر بمسافة ٦ سنتيمترات والقوة المؤثرة بين القطبين هى ٣٠ داين . أوجد شدة قطب المغناطيس الآخر

الجواب (٢٤ وحدة)

(٧) لماذا نرى في بعض الأحيان أن الأزاميل وبعض العدد الأخري تكون ممغطسة



الباب الخامس

معلومات وتطبيقات عملية للمغناطيس

بند (٣٤)

ذكرنا فيما سبق بند (٢٨) تعريف شدة المجال المغناطيسى وقلنا اذ ذاك انه اتفق على أن مقدار خطوط القوى المغناطيسية فى السنتمتر المربع من المجال يكون بقدر شدة المجال المغناطيسى مقدرا بالداينات

واذا اخذنا أبسط الأحوال فى المجالات المعروفة وهى حالة المجال بين قطبين لمغناطيس واحد نلاحظ انهذه الخطوط تكون مزدحمة بالقرب من القطبين وقليلة فى النقط البعيدة عنها شكل (٤٣)

ولقد ظهر لنا صحة ذلك عمليا من طريقة رسم هذه الخطوط بالبرادة أو بالأبرة المغناطيسية الصغيرة بند (٢٩) ٯ بند (٣٠) لهذا نرى ان فرضنا الذي نقول فيه إن عدد الخطوط فى منطقة ما من المجال يتناسب مع مقدار شدة المجال فى هذه المنطقة يتفق وما رأيناه من هذه التجارب لأنه من البديهى أن تكون شدة المجال أكبر مايمكن بالقرب من كل من القطبين

ونضيف إلى ذلك الآن أن هذه الخطوط التى قلنا إنها تتجه من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى تكمل دائرتها داخل الحديد نفسه و لهذا كان عددها في الحديد نفسه أكبر بكثير من عددها خارج الحديد

فلو فرض مثلا أن مائة من الخطوط تخرج من القطب الشمالى لتمر في الهواء وتنتهى عند القطب الجنوبى فتكون هذه الخطوط جميعها محصورة فى المنطقة الهوائيـة المحيطة بالمغناطيس والتى سميناها مجال هذا المغناطيس والتى قلنا عنها انها تنتشر إلى مسافة لانهائية في هذا المجال

ولكن جميع هـذه الخطوط يجب أن تكمل دائرتها داخل الحديد متجهة من قطبه الجنوبى إلى قطبه الشمالى

من هذا يتبين لنا أن عدد الخطوط التى تمر في كل سم^2 من مساحة المغناطيس أكبر بكثير من مثلها في الهواء المحيط به أو المجال الذي يحدثه حوله

وتسمى هذه بشدة الازدحام أو بكثافة التأثير فى الحديد

بند (٣٥) عدد الخطوط المغناطيسية من مغناطيس ما

ليس عددخطوط القوة المغناطيسية الخارجة من قطب مغناطيسى بل هو عـدد ثابت يتعلق فقط بمقـدار شـدة القطب الذى تخرج منه هـذه الخطوط لأننا يمكننا أن نثبت نظريا أن القطب الذى شدته م يخرج منه عدد من الخطوط قدره ٤ ط م

فرض أن ط النسبة التقريبيـة فاذا فرضنا أن مساحة المقطع المستعرض للقطب نفسه = (س) سم^{٢} كان عدد الخطوط في السنتيمتر المربع = $\frac{٤ ط م}{س}$ أى أن كثافة التأثير فى قطب مغناطيسى مساحته (س) س. م^{٢} وشدته م من وحدات الشدة = $\frac{٤ ط م}{س}$ خطا فى كل س. م^{٢}

فأذا رمزنا لكثافة التأثير بالحرف ت ينتج ان ت = $\frac{٤ ط م}{س}$.

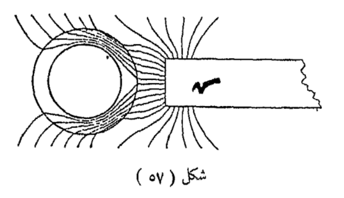
و ليعلم الطالب ان هذا البحث يقرب جدا من الحقيقة لاننا اهملنا بعض تأثيرات صغيرة لا يمكن ذكرها الآن

مما تقدم نرى اذن ان عدد الخطوط فى الحديد اكبر منه في الهواء ولذلك نقول ان الحديد يجمع خطوط القوى المغناطيسية

تجربة (٢٣)

خذ قضيبا من المغناطيس وضعه على منضدة أفقية وضع امامه حلقة من الحديد المطاوع كما فى شكل (٥٧)

ثم ضع فوق هذا قطعة من الورق و بعثر فوق الجميع كمية من برادة الحديد ودق الورقة قليلا أثناء سقوط البرادة عليها لتجعل البرادة تترتب فى اتجاه خطوط القوة المغناطيسية



شكل (٥٧)

تجد أن البرادة تترتب في اتجاهات معلومة كما فى الشكل ويتبين لك أن خطوط القوة تميل لأن تمر من الحديد بدلا من الهواء وأنها تزدحم فى قطعة الحديد

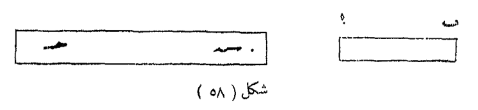
وبما أننا بينا أن شدة المجال تتعلق بعدد الخطوط لذلك إذا قربنا إبرة مغناطيسية من حلقة الحديد نجد أنها تتأثر من حلقة الحديد كما لو كانت هذه الحلقة مغناطيسا وفى الحقيقة تصبح حلقة الحديد مغناطيسا بالتأثير

بند (٣٦) معامل النفاذ

إذا حسب عدد خطوط القوة المغناطيسية فى نقطة ما من المجال فى الهواء وحسب أيضا عدد الخطوط في قطعة من الحديد توضع في هذه النقطة ثم قسم العدد الثانى على الأول تنتج نسبة نسميها معامل النفاذ للحديد

تعريف — معامل النفاذ للحديد هو خارج قسمة عدد الخطوط فى السنتيمتر المربع من مقطع الحديد على عدد الخطوط

في السنتيمتر المربع فى الهواء قبل وضع الحديد وذلك فى النقطة الواحدة من المجال ولنبين ذلك بالرسم نفرض ش ح مغناطيسا وضع أمامه قطعة الحديد ا ب شكل (٥٨)



شكل (٥٨)

فاذا أخذنا النقطة ا مثلا ووجدنا أن عدد الخطوط فى السنتيمتر المربع من مقطع الحديد عند ا = $ع_١$ وأن عدد الخطوط في السنتيمتر المربع عند ا فى الهواء قبل وضع الحديد = $ع_٢$

$$\text{فان } \frac{ع_١}{ع_٢} = \text{معامل النفاذ} = ف$$

ومن خاصية الحديد المعروفة من أنه يجمع خطوط القوة المغناطيسية يكون عدد الخطوط عند ب هو نفس العدد عند ا ويصبح ا ب مغناطيسا بالتأثير قطبه الجنوبى عند ا وقطبه الشمالى عند ب

ومعامل النفاذ هذا ليس ثابت المقدار دائما بل يتعلق بشيئين أساسيين هما :

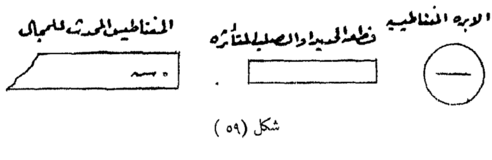
أولا — نوع الحديد

ثانيا — شدة المجال

فأولا : تأثير نوع الحديد على مقدار معامل النفاذ - إذا أخذنا

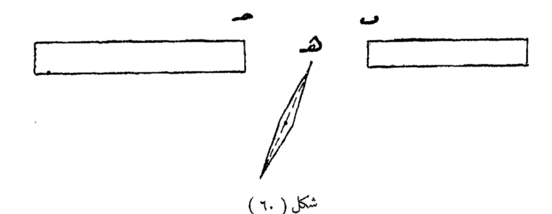
قطعة من الحديد وأخرى مثلها تماما من الصلب ووضعناهما على التوالى في نقطة واحدة من مجال مغناطيسى معلوم نجد أن شدة تمغطس الأولى بالتأثير أكثر من شدة تمغطس الثانية

ويمكن إجراء هذه التجربة بسهولة بتقريب إبرة مغناطيسية على مسافة معلومة من كل منهما فنلاحظ أن تأثير الحديد على الابرة أكبر من تأثير المغناطيس أنظر شكل (٥٩)



شكل (٥٩)

ويمكن إجراء التجربة بطريقة أسهل كما يأتى :ـــ
خذ قضيبين متماثلين صغيرين أحدهما من الحديد اب والآخر من الصلب حـ ء شكل (٦٠) بحيث يكون محورهما على استقامة



شكل (٦٠)

واحـدة ثم احضر ابرة مغناطيسية معتادة وضعها بينهما بحيث يكون احد قطبيها (ﻫ) فى منتصف المسافة بينهما فتجد ان الابرة تنحرف بحيث يتجه قطبها (ﻫ) نحو الحديد

و يمكن تفسير ذلك كما يأتى : —

القطب (ﻫ) للابرة يحدث مجالا يؤثر على الطرفين ب ، ﻫ من القطعتين ولـكن معامل النفاذ للحديد اكبر من معامل النفاذ للصلب فتكون النتيجة ان ب يصبح قطبا اقوي من القطب ﺣ ولهذا تكون قوة جذب ب على ﻫ اكبر من قوة جذب ﻫ على ﻫ ولهذا تميل الابرة نحو ب

وثانيا : تأثير شدة المجال

وجد بالتجربة ان معامل النفاذ يختلف لقطعة واحدة من الحديد باختـلاف شدة المجال الذي توضع فيه القطعة وليست هذه التجارب مما يتيسر شرحه شرحا ابتدائيا وسنأتى على شرحها فيما بعد الا اننا نلخص النتائج التى نحصل عليها فيما يأتى :

(ا) — في المجالات الضعيفة جدا يكون مقدار معامل النفاذ صغيرا

(ب) — في المجالات المتوسطة والقوية يكبر مقداره الى ان يصل الى مائة يد عن الف

(ﺣ) — في المجالات القوية جدا التى تجعل الحديد يصل الى درجة التشبع يصبح مقدار معامل النفاذ قليلا جدا

واهمية دراسة هذه الخواص للحديد هى انه عليها يتوقف عمل الآلة من حيث الجهة المفقود فيها ودرجة الجودة المئوية لها وقدرتها على تحمل الاحمال التى تزيد على طاقتها وجميع ما يتعلق بتصميم الدوائر المغناطيسية في الآلات الكهربائية

تطبيقات عملية للمغناطيس : —

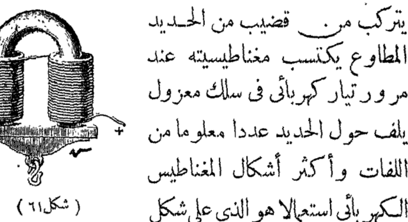
بند (٣٧) أهم ما يجب علينا معرفته فى استعمال المغناطيس عمليا هو ما يأتى :

أولا — استعمال القضبان المغناطيسية المختلفة الأشكال والاحجام فى التجارب العلمية بالمعامل لدراسة خواص المغناطيس

وقد ذكرنا فيما تقدم بند (١٩) ان هذه تصنع من الصلب لتبقى مغناطيسيتها زمنا طويلا

ثانيا — المغناطيس الكهربائى

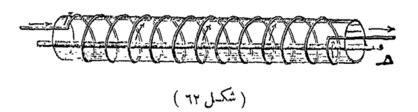
ذكرنا أيضا فيما تقدم بند (١٧) ان المغناطيس الكهربائى يتركب من قضيب من الحديد المطاوع يكتسب مغناطيسيته عند مرور تيار كهربائى فى سلك معزول يلف حول الحديد عددا معلوما من اللفات وأكثر أشكال المغناطيس الكهربائى استعمالا هو الذى على شكل



(شكل ٦١)

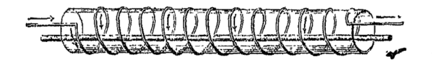
حذاء الفرس (شكل ٦١) وفي هذا يجب ان يلف عليه السلك

في اتجاه يحدث قطبا شماليا فى أحد طرفيه وقطبا جنوبيا فى الآخر ولمعرفة طريقة لف السلك حول المغناطيس لكى نصل الى ذلك نتذكر القاعدة الآتية وهى . —



(شكل ٦٢)

اذا نظر الى طرف المغناطيس من الأمام أي في اتجاه السهم المرسوم شكل (٦٢) أمام المغناطيس وكان اتجاه مرور التيار حول المغناطيس فى اتجاه عقارب الساعة كان القطب المحاط بهذا السلك الذي أمامنا قطبا جنوبيا وأما اذا كان دوران التيار حول المغناطيس في اتجاه ضد اتجاه عقارب الساعة كان القطب شماليا شكل(٦٣) وسنشرح ذلك بتوسع فيما بعد

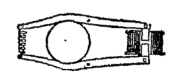


(شكل ٦٣)

وتصنع المغناطيسيات الكهربائية دائما من الحديد المطاوع لأننا نريد ان تكتسب مغناطيسيتها فقط أثناء مرور التيار وتفقدها بأجمعها تقريبا عند قطع التيار وهذه الخاصية هى التى من أجلها يستعمل المغناطيس الكهربائى

وليس من الضرورى علينا ان نعد جميع الآلات التى يستعمل فيها المغناطيس الكهربائى لكثرتها

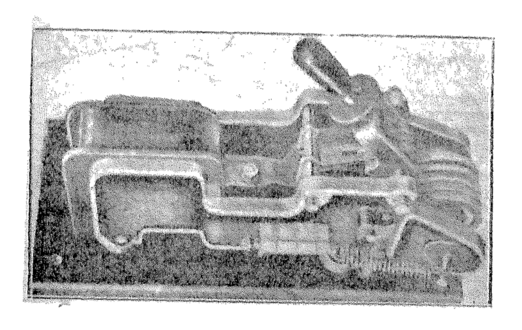
فيستعمل مثلا فى الجرس الكهربائى وفى التلغراف وإشارات السكك الحديدية والمنبهات للحريق وقاطع التيار عند زيادة مقداره عن مقدار معلوم في دائرة كهربائية ما والمفاتيح



شكل (٦٤)

الأوتوماتيكية والفرامل الكهربائية ولرفع الاثقال الحديدية فى المعامل وغير ذلك مما لا يمكن حصره مطلقا

وشكل (٩) يبين مغناطيسا لرفع الاثقال و شكل (٦٤) يبين فرملة كهربائية و شكل (٦٥) يبين مفتاح توصيل أتوماتيكى



شكل (٦٥)

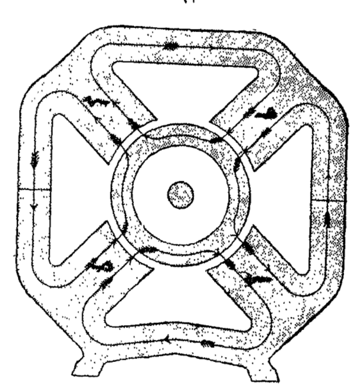
(ثالثا) — المغناطيس في الآلات المولدة والمحركة اى فى المولدات والمحركات

يتركب الجهاز المولد او المحرك من جزئين أساسين

(ا) المنتج (عضو الاستنتاج) وهو مجموعة من أسلاك نحاسية يتكون فيها التيار المطلوب اذا كان الجهاز مولدا ويمر فيها التيار من الخارج اذا كان الجهاز محركا ولا دخل لنا بهذا الجزء الآن

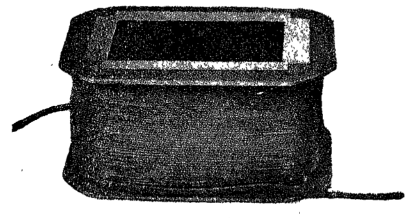
(ب) المنبه (عضو التنبيه) وهو عبارة عن عدة أجزاء مغناطيسية يتكون بواسطتها المجال المغناطيسى اللازم لأحداث التيار المطلوب فى المنتج إذا كان الجهاز مولداً ولاحداث الحركة فى المنتج إذا كان الجهاز محركا وهذا هو الجزء الذى يعنينا الآن وفى الأشكال البسيطة المعتادة من هذه الآلات يتركب هذا الجزء الأخير المحدث للمجال المغناطيسى اللازم من غلاف عظيم من حديد الزهر يكون جزء منه قاعدة الآلة نفسها ويبرز منه فى جملة نقط قطع من الحديد تكون الأقطاب المغناطيسية التى تواجه المنتج وتنتهى هذه الأقطاب بقطع أخرى تسمى أحذية الأقطاب

ويدور المنتج بين الأقطاب المغناطيسية بحيث يكون بين سطح أسطوانة هذا المنتج وبين أحذية المغناطيس مسافة صغيرة جداً على قدر الامكان وشكل مرور خطوط القوى المغناطيسية فى الدوائر المغناطيسية لآلة من هذه مبين بشكل (٦٦)



شكل (٦٦)

فكأن خطوط القوي هـذه تمر بالغلاف ثم من قطب إلى آخر بجواره مخترقة جسم المنتج كما سترى بعد وتتمغطس الأقطاب بملفات حولها تحمل تيارا كهربائيا وقد يكون هذا التيار خارجيا عن الآلة إلا أنه غالبا يكون جزءاً من نفس التيار الذي تولده الآلة وشكل (٦٧) يبين شكل قطب من هـذه الأقطاب



شكل (٦٧)

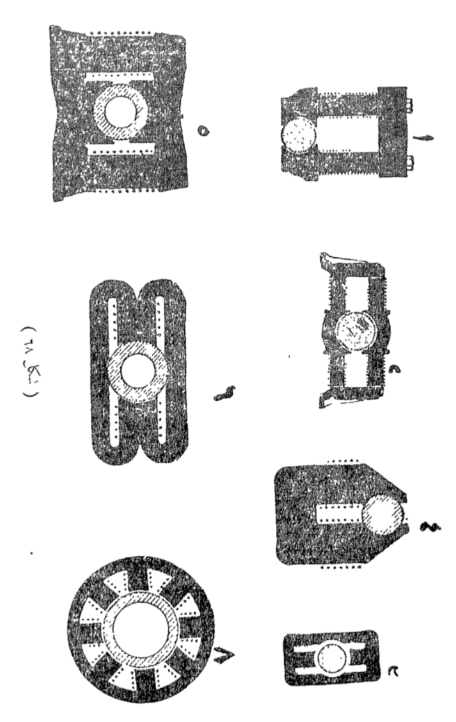
وتصنع هذه الأجزاء المغناطيسية من أنواع الحديد الآتية
أولا — الغلاف — من معدن الحديد الزهر أو الصلب المسبوك
ثانيا — الأقطاب — من ملفات من السلوك النحاسية ملفوفة حول أقطاب من معدن الزهر او الصلب مثبتة بالغلاف
ثالثا — أحذية الأقطاب — من صفائح رقيقة من معدن الحديد المطاوع أو الصلب بينها مادة عازلة
أما جسم المنتج الذي هو في الحقيقة جزء من الدائرة المغناطيسية فأنه يصنع من أطرى أنواع الحديد مكونا من عدة صفائح بينها مادة عازلة

بند (٣٨) أشكال الأقطاب المغناطيسية للمولد

شكل نمرة (١) يبين مغناطيس دينامو أيدسن (شكل ٦٨) ذى القطبين السفليين و يلاحظ فيه أن القطبين الرأسيين أسطوانتان وان واصل الاقطاب ذو سمك كبير

ومضار هذا النوع هو صعوبة تثبته على الفرش لأنه لو وضع على فرش من الحديد فأن جزءا عظيما من مغناطيسية الأقطاب تهرب فى الفرش ولذا يوضع بينه وبين الفرش ركائز من البرنز أو الخارصين

ونمرة (٢) يبين مغناطيسا منسوبا الى وستن وهو ذو قطبين ولكن له دائرتان من (ش) الى (ج) ويمكن اعتبار أنه نوع مزدوج لنمرة (١)



نمرة (٣) يبين تصميما منسوبا الى كاب وفيه قطبان أصليان

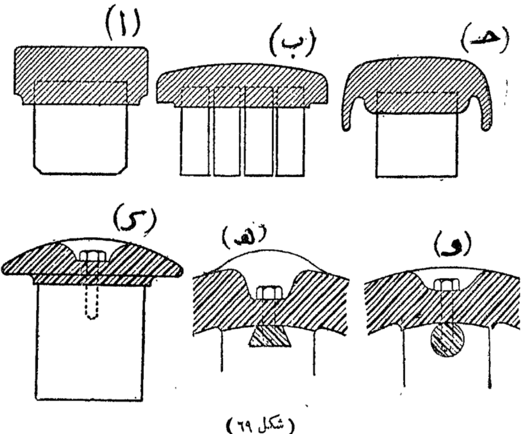
من نوع واحد وقطبان تابعان بينهما وبه زوج واحد من الملفات المغطسة الأربعة الأقطاب وهو يستعمل للآلات الصغيرة

ونمرة (٦) المنسوب الى زانكن كندى تحسين عليه

ونمرة (٤) يبين دينامو له قطبان من النوع الفوقى

ونمرة (٥) يبين نوعا ضخما جدا من الدينامو

ونمرة (٨) يبين نوعا متعدد الأقطاب وهذه الأقطاب مثبتة داخل محيط طوق وهى موجبة وسالبة بالتبادل أى (ش ٦ ج) ويستعمل بكثرة فى الديناموات الكبيرة وشكل (٦٩) يبين ستة أنواع مختلفة لأشكال واصلات الأقطاب



(شكل ٦٩)

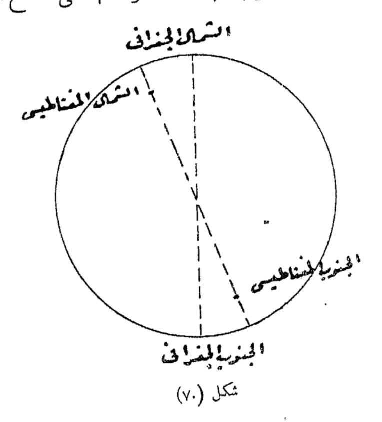
ا و ب و حـ للوصلات المصنوعة من حديد الزهر

أما ء و هـ و و فهى من الحديد

الباب السادس

المغناطيسية الارضية

(بنـد ٣٩) علمنا مما سبق أن الابرة المغناطيسية إذا علقت تعليقا خالصا او ارتـكزت على محور رأسى لتتحرك فى مستوي أفقى فانها تتجه شمالا وجنوبا وعلمنا أيضا أن هـذا الاتجاه يعين خط لزوال المغناطيسى الذى لا ينطبق تماما على خط الزوال الجغرافي إلا في بعض أماكن على سطح الكرة الأرضية وقلنا أيضا أنه لابد أن يكون هناك مجال مغناطيسى للأرض بسبب توجيهها هـذا إلى الشمال و الجنوب مهما كان موضعها على سطح الكرة



شكل (٧٠)

الأرضية ويمكن تصوير ذلك بأن نفرض أن داخل الكرة الأرضية مغناطيس قطبه الشمالى بالقرب من القطب الشمالى الجغرافي وقطبه الجنوبى بالقرب من القطب الجنوبى الجغرافي كما فى (شكل ٧٠) ويقع القطب الشمالى المغناطيسى الأرضى (على حسب تعيين السير جمس روس له سنة ١٨٣١) في نقطة على خط طول ٤٦َ ٩٦° غربا وخط عرض ٥َ ٧٠° في شمال أمريكا في الجهة المسماة بوثيا فلكس ويقع القطب الجنوبى المغناطيسى فى نقطة على خط طول ١٦َ ١٥٥° شرقا و خط عرض ٢٥َ ٧٢° (على حسب تعيين السير شاكلتن له فى سنة ١٩٠٩) ومع هذا فان هذه المواقع ليست ثابتة تماما كما سنبين بعد

بند (٤٠)

اذا قلنا إن القطب الشمالى المغناطيسى الأرضى هو الذى بالقرب من الشمالى الجغرافى كما فى البند السابق تعين لنا أن نذكر ان القطب الذى يتجه شمالا من الابرة المغناطيسية لابد أن يكون هو القطب الجنوبى لهذه الابرة لأن التجاذب لا يكون إلا بين قطبين متضادين ولكننا لا نزال نسمى القطب المتجه شمالا من الابرة بقطبها الشمالى وهذا خطأ يمكن اتقاؤه بتسمية قطب الابرة المتجه شمالا بالقطب الباحث عن الشمال

ويمكن أيضا أن نتجنب هذا الخطأ بأن نسمى القطب المغناطيسى الأرضى الذى بالقرب من القطب الجغرافى الشمالى بأنه هو القطب المغناطيسى الجنوبى للكرة الأرضية

ولـكن لا نزال نجـد أنه يسمى القطب الشمالى فى كثير من الـكتب التى بين أيدينا لهذا تجد أن اتقاء هذا الخطأ يخرجنا عن المألوف والمتفق عليه ولهذا سنتفق فى كتابنا هذا على ما يأتى

أولا — القطب الشمالى المغناطيسى للـكرة الأرضية هو الذي بالقرب من القطب الشمالى الجغرافي

ثانيا — نسمى القطب المغناطيسى الذى يتجه شمـالا من الابرة بالقطب الباحث عن الشمال أو باختصار القطب الشمالى مع تأكدنا أنه هو في الحقيقة القطب الجنوبى

وليس فى هـذا أي خلط ما دمنا متأكدين من حقيقة نوع الاقطاب دائما

بنـد (٤١)

نتيجة عدم انطباق الأقطاب الجغرافية والمغناطيسية للارض

سبق أن عرفنا كلا من خط الزوال المغناطيسى والجغرافى وعلمنا أن هذين لا ينطبقان على سطح الـكرة الأرضية الا في أماكن قليـلة فلنفرض الآن ا ب هو مسقط خط الزوال الجغرافى لأى مكان ما مثـل م على المستوى الافقى وان هـ ء مسقط خط الزوال المغناطيسى لهذا المكان على المستوى الافقى وان ه مقدار الزاوية ا م هـ المحصورة بينهما (شكل ٧١)

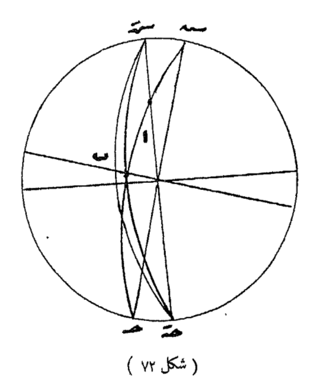
(شكل ٧١)

فتسمى الزاوية ﻫ زاوية الانحراف . وبذلك تكون زاوية الانحراف المغناطيسى لأي مكان هى الزاوية المحصورة بين خطى الزوال المغناطيسى والجغرافي لهذا المكان وتكون شرقا أو غربا بحسب ما اذا كان القطب الشمالى للابرة شرقا او غربا على الترتيب من خط الزوال الجغرافي

بند (٤٢)

تغير مقدار الانحراف في الامكنة المختلفة على سطح الارض

لكى نفهم ذلك بطريقة سهلة نأخذ مكانين ا ، ب على خط واحد من خطوط الزوال الجغرافي شكل (٧٢) ونفرض أن ش ، ﺣ موقعا القطبين الجغرافيين وأنّ شَ ، ﺣَ موقعا القطبين المغناطيسيين



(شكل ٧٢)

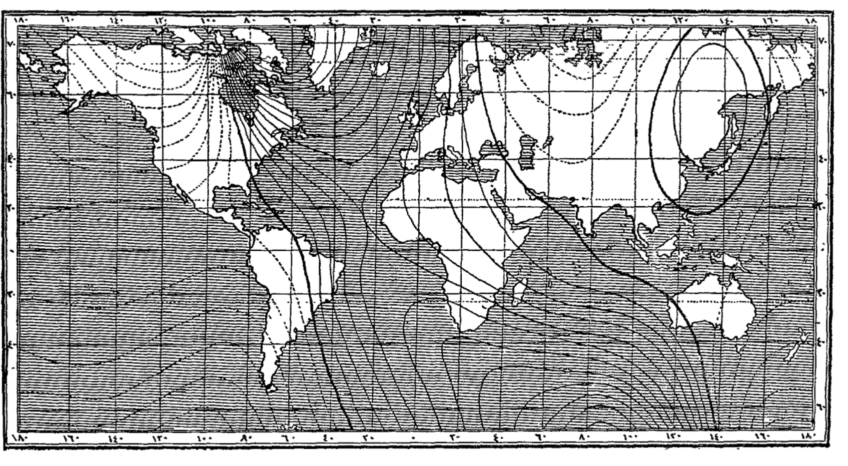
فيكون خط الزوال المغناطيسي للمكان ا هو شَ اجَ (خط الزوال المغناطيسي للمكان ب هو شَ ب جَ و يكون الانحراف عند ا هو الزاوية ش ا شَ وعند ب ش ب شَ وكلاهما غربا كما في الشكل

فاذا أخذنا المثلث شَ ا ب نجد ان الزاوية ش ا شَ زاوية خارجة في هذا المثلث وتكون اذن اكبر من الزاوية ا ب شَ أى من الزاوية ش ب شَ ومن هذا نري ان الانحراف عند ا أكبر الانحراف عند ب

ليتذكر الطالب أنه من الممكن ايجاد موقع مثل ء على الكرة الارضية ينطبق فيه خطا الزوال في هذا المكان ويكون الانحراف صفرا ومع ذلك نجد أنه لا يمكننا زيادة البحث في ذلك لأنه يستدعي معلومات اكثر في الهندسة الفراغية

وغاية الامر أننا يمكننا أن نذكر النتائج التى توصلنا اليها فعلا فى موضوعنا هذا من البحث العملي خصوصا وان البحث النظرى في هذا لا يؤدى دائما الى نتائج صحيحة لعدم التثبت من الفروض التى يبنى عليها البحث النظري

وعليه نذكر للطالب أنه قد قيست مقادير زوايا الانحراف فى أماكن مختلفة عديدة على سطح الكرة الأرضية ومن هذه البيانات رسمت خطوط على سطح الخريطة الأرضية تبين الأماكن ذات الانحراف الواحد وتسمى هذه بخريطة الانحراف المغناطيسي شكل (٧٣) ونرى من هذه الخريطة ان الخطوط التى تجمع الأماكن ذات الميل الواحد ليست خطوطا منتظمة مطلقا



شكل (٧٣)

ولكنها فى مجموعها تشابه خطوط الطول الجغرافية

يتبين لنا أيضا من هذه الخريطة أن هناك خطين أحدهما يمر بشرق أوربا وغرب آسيا والمحيط الهندي واستراليا والآخر يمر بأمريكا الشمالية والجنوبية وهما مبينان على الرسم بخطين سميكين وهذان الخطان هما اللذان يكون فيهما الانحراف صفرا

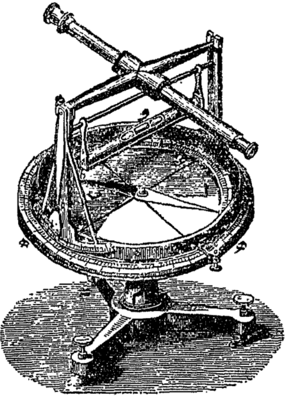
وجميع الخطوط المرسومة على هذه الخريطة تسمى خطوط تساوي الانحراف ومن هنا نعرف خط تساوي الانحراف بأنه هو الخط الجامع لجميع المواقع على سطح الكرة الأرضية ذات الانحراف الواحد

يوجد أيضا شكل بيضاوي فى شرق آسيا نجد فيه الانحراف صفرا وأقصى مقدار يصل اليه الانحراف هو حول ٥٥° شرقا أو غربا كما يتبين من الخريطة المذكورة

هذه الخرائط مفيدة جدا للملاحه وسنذكر ذلك عند التكلم على البوصلة البحرية

بند (٤٣) طريقة قياس الانحراف

يمكن قياس الانحراف بواسطة جهاز يقال له بوصلة الانحراف وتتركب كما في شكل (٧٤) من علبة ا ب نحاسية في قاعها دائرة مقسمة الى ٣٦٠° ويوجد فى مركز العلبة ابرة مغناطيسية صغيرة معينة الشكل تتحرك في مستوي أفقي ويتصل بالعلبة قائمان رأسيان يحملان محورا أفقيا يتحرك حول منتصفه منظار فلكى فى مستوى رأسى ومثبت حول العلبة من الخارج دائرة مثبتة هـ مدرجة يمكن بواسطتها



(شكل ٧٤)

معرفة عـدد الدرجات التى عملها المنظار بمساعدة ورنية مثبتة فى العلبة وهـذه العلبة يمكن ان تتحرك في مستوى أفقى على حامل (م)

ولاستعمال الجهاز يجب ضبط العلبة أفقيا بواسطة المسامير البريمية الثلاثة وميزان التسوية الـكؤلى (و)

ثم يعين خط الزوال الارضى بواسطة رصد النجم القطبى أو بأي طريقة فلـكية أخرى وبعد وضع المنظار في مستوي خط الزوال تقاس الزاوية التى بين قطب الأبرة المغناطيسية ومسقط

المنظار على قاعدة العلبة وحيث ان المحور المغناطيسى للابرة لا ينطبق على محورها الهندسى لذلك تقلب الابرة وتقرأ الزاوية التى تعملها مع المسقط ثم يؤخذ متوسط الناتجين فيكون هذا هو الانحراف الحقيقى

بند (٤٤) تغير الانحراف في المكان الواحد

ذكرنا ان الانحراف يتغير بتغير المكان على سطح الارض ولكنه وجد ان مقدار هذا الانحراف فى المكان الواحد يتغير في الازمنة المختلفة وهذه التغيرات في المكان الواحد إما أن تكون منتظمة أو غير منتظمة

والتغيرات المنتظمة تنقسم الى قرنية وسنوية ويومية

التغيرات القرنية :

أخذت عدة قراءات لمقدار الانحراف في مدينة لندن ابتداء من سنة ١٥٨٠ ميلادية الى الآن وقد دل ذلك على أن الابرة المغناطيسية تتذبذب ببطء وفي زمن طويل فقد كان انحرافها شرقا ثم أخذ في النقص تدريجيا الى أن أصبح صفرا ثم تغير الى جهة الغرب وأخذ فى الازدياد الى نهاية عظمى له ثم قل تدريجيا الى الصفر ثم عاد فأصبح شرقا

وقد قدر زمن الذبذبة الكاملة بنحو ٩٥٠ سنة وأقصى مقدار لهذا الانحراف كان في سنة ١٨١٨ وكان غربا ويساوى ٢٤° ٣٨َ وقد كان صفرا فى سنة ١٦٥٧ وينتظر أن يكون صفرا ثانيا في سنة ٢١٣٠ تقريبا

التغيرات السنوية

وجد بالبحث أن مقدار الانحراف يصل الى نهايته العظمى غربا فى شهر فبراير من كل سنة ثم يقل تدريجيا الى أن يصبح مقداره نهاية صغرى فى شهر أغسطس ثم يعود يزداد فى باقى المدة من السنة

التغيرات اليومية

وجد بالتجربة ان انحراف الأبرة لايكون ثابتا طول اليوم وأن الأبرة تكون في وضعها المتوسط عند الساعة العاشرة صباحا وتتحرك الى الغرب من الساعة العاشرة صباحا الى الساعة الواحدة بعد الظهر حيث يبلغ التغير نهايته العظمى غربا بمقدار ٥َ وبعد ذلك تعود الأبرة فتتحرك شرقا الى أن تصل إلى وضعها المتوسط حول الساعة السابعة مساء ثم تتحرك شرقا حتى تبلغ أقصى وضع لها شرقا فى الساعة الثامنة صباحا ثم تعود فتتحرك غربا الى وضعها المتوسط حول الساعة العاشرة كما قدمنا

وقد وجد أيضا ان مقدار التغير اليومى يكون فى الشتاء أقل منه فى الصيف

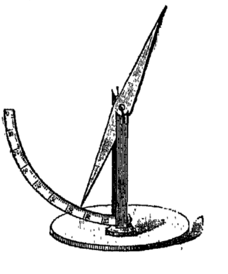
التغيرات غير المنتظمة : —

يحدث للأبرة المغناطيسية أحيانا اضطراب يجعل مقدار انحرافها غير المعتاد وقد يكون هذا التغير كبيرا محسوسا وعادة

يحدث ذلك عند حدوث الزلازل واضطرابات البراكين والتيارات الارضية وبعض ظواهر أخري مثل النقط الشمسية ولقد دل البحث أيضا على أن النقطة الشمسية التى مداها أحد عشر عاما يتفق ظهورها مع تغير مدى الانحراف اليومى

بند (٤٥) الميل

فيما سبق كنا نفرض دائما أن الأبرة المغناطيسية تتحرك في مستوى أفقى مرتكزة على محور رأسى ولكننا يمكن أن نجعل هذه الابرة تدور فى مستوي رأسى مرتكزة على محور افقى شكل (٧٥)



(شكل ٧٥)

ومن البديهى أنه اذا كانت الابرة غير ممغطسة مطلقا وكانت نقطة دورانها هى مركز ثقلها فأنها تقف أفقية دائما

ولكن اذا أخذت هذه الابرة الممغطسة ووضعتها بحيث يكون مستوي دورانها هو خط الزوال المغناطيسى ويكون المحور الافقى الذي تتحرك حوله عمودا على خط الزوال المغناطيسى فأنك تجد أن الأبرة تميل بزاوية معلومة بالنسبة للخط الافقى المار بمركزها

وليس ميل هذه الأبرة عن الاتجاه الافقى ناشئا من أن الطرف الذي انخفض الى أسفل كان اكثر ثقلا من الآخر لاننا

بينا أن الا برة عند ما كانت غير مغطسة كانت دائما أفقية أو بعبارة أخرى كان محور الدوران مارا بمركز ثقلها

إذن لابد أن هـذا الميل حدث من تأثيرمغناطيسية الارض على الابرة. بعد ذلك ادر الابرة بمقدار ٩٠° بالنسبةللوضع الأول أي بحيث يكون مستوي دورانها الرأسى عموديا على خط الزوال المغناطيسيأو بعبارة أخرى يكون المحور الذى تدور حوله في اتجاه خط الزوال المغناطيسى فأنك تجد أن الابرة تقف رأسيا تماما

واذا كان مستوي دورانالابرة اي مستوى آخرخلافهذين المستويين (المستوي المار بخط الزوال و المستوى العمودى على خط الزوال)فأن الابرة أيضا تميل بزاوية على الخط الافقى يكون مقدارها اقل من ٩٠° واكبر من الزاوية التيعملتها عند ما كان مستوي دورانها هو خط الزوال المغناطيسى

وبالاختصار يمكن جمع النتائج السابقة فيما يلى :

اولا — تكون الأبرة رأسية تماما عنـد ما يكون مستوى دورانها هو خط عمودى على خط الزوال المغناطيسى ويكون ميلها إذن على الافق ٩٠° تماما

ثانيا — تكون الأبرة مائلة على الافق بأقل زاوية ممكنة عندما يكون مستوىدروانها هوالمستوى المار بخط الزوال المغناطيسى

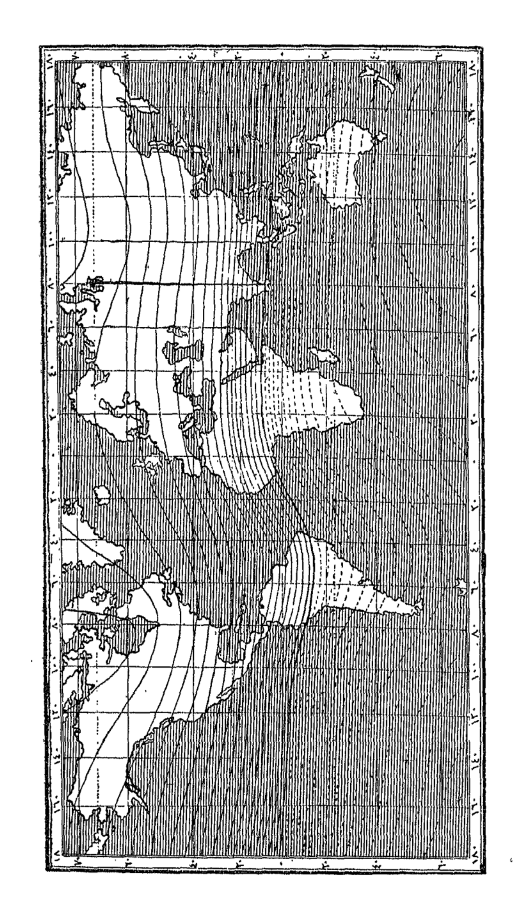
ثالثا — عندما يكون مستوى دوران الأبرةاي مستوى آخر يكون ميلها أقل من ٩٠° وأكبر من ميلها عند ما كان مستوي الدوران هو خط الزوال المغناطيسى

تلاحظ أيضا ان القطب الذى يشير الى أسفل هو القطب الشمالى للأبرة و ذلك لأننا نعمل التجربة فى نصف الكرة الشمالى و لو عملت هذه التجربة فى نصف الكرة الجنوبى لكان القطب المشير الى أسفل هو القطب الجنوبى

بند (٤٦) تسمى أقل زاوية تميل بها الأبرة فى اي مكان زاوية الميل فى هذا المكان فتكون زاوية الميل فى اى مكان هى الزاوية التى تصنعها مع الأفق أبرة تتحرك في مستوى رأسى اذا كان هذا المستوي الرأسى ينطبق وخط الزوال المغناطيسى وهى أقل زاوية تصنعها مع الأفق هذه الأبرة اذا أخذ مستوي دورانها اتجاهات مختلفة فى هذا المكان

هذه الأبرة المتحركة فى مستوى رأسى تسمى إبرة الميل مقدار زاوية الميل يتغير بتغير المكان فقد قلنا ان قطبها الشمالى يكون الى أسفل في نصف الكرة الشمالى ويكون قطبها الجنوبى الى أسفل فى نصف الكرة الجنوبى و ننتظر اذن ان يكون اتجاهها أفقيا تماما عند خط الاستواء

ولكن اذا تذكرنا ان الأقطاب المغناطيسية ليست منطبقة تماما على الأقطاب الجغرافية علمنا ان النقط التى تكون فيها هذه الأبرة أفقية لا تكون بالضبط واقعة على خط الأستواء الجغرافي فتكون أسفله فى أمريكا وأعلاه في أفريقيا وأسيا كما تري في شكل (٧٦)



ولهذا نسمى الخط الذى تقع عليه جميع النقط على سطح الكرة الأرضية التى يكون فيها الميل صفرا بخط الأستواء المغناطيسى

وكلمازاد خط عرض المكان زاذ ميل الابرة في هذا المكان الى ان نصل الى اي القطبين المغناطيسيين للأرض فاننا نجد ان الأبرة تقف رأسية تماما

ففي لندرة وجد ان زاوية الميل = ٦٨° تقريبا وفي القاهرة = ٤٠° تقريبامن هذانري انه يمكن توصيل جميع الأماكن فى كل من نصفى الكرة الشمالى والجنوبى التى يكون فيها الميل واحدا والخطوط التى يكون عليها هده الأماكن تسمى خطوط تساوي الميل وهى خطوط غير منتظمة تماما الاأنها تشابه فى مجموعها خطوط العرض الجغرافية أنظر شكل (٧٦) ولكى تفهم لماذا يحدث هذا الميل فى الأبرة المغناطيسية والسبب في تغير مقداره فى النقط المختلفة نأخذ مغناطيسا اب مثلا ونفرض أنه يمثل المغناطيس الأرضى ونضعه فوق منضدة أفقية ونعلق أبرة مغناطيسية فوق هذا المغناطيس وبالقرب منه بحيث تشغل المواضع الآتية

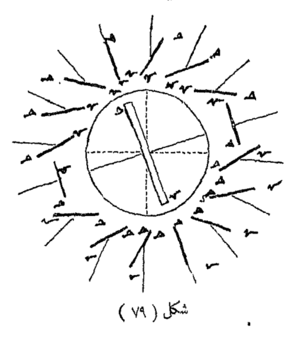
(شكل ٧٨)

أنظر شكل ٧٧ (أولا) — في الوضع (١) فوق القطب الجنوبى للمغناطيس فنجد ان الأبرة تقف رأسيا بقطبها الشمالى الى أسفل (ثانيا) — في الوضع (٢) فوق نقطة متوسطة بين منتصف القضيب

وقطبه ا فتجد أنها تميل بزاوية معلومة (ثالثا) ـ في الوضع (٣) فوق منتصف القضيب تماما فتجد أنها تكون أفقية (رابعا) ـ فى الوضع (ع) فوق نقطة متوسطة بين منتصف القضيب و ب فتميل بزاوية معلومة بقطبها الجنوبى الى أسفل

(خامسا) ـ فى الوضع (٥) فوق القطب الشمالى ب للقضيب فتجد أنها تقف رأسية تماما بقطبها الجنوبى الى أسفل الأبرة فالوضع (٣) فوق منتصف القضيب يمثل تماما الحالة التى تكون فيها الأبرة عند خط الاستواء المغناطيسى

والوضعان (١) و (٥) يمثلان الأبرة عند القطبين



شكل (٧٩)

والوضعان (٢) و (٤) يمثلان الأبرة فى نقطتين متوسطتين إحداهما فى نصف الكرة الجنوبى والأخرى فى نصف الكرة الشمالى على الترتيب ونجاح التجربة السابقة متوقف على أن يكون

المغناطيس المستعمل مغناطيسا قويا بحيث لا يكون هناك تاثير يذكر لمغناطيسية الارض بالنسبة له وأيضا يجب أن يكون تعليق الابرة قريبا من المغناطيس لهذا الغرض أيضا

ويمكن تصور ذلك على الكرة الارضية بمراعاة شكل (٧٨)، وهو يماثل ما ذكرناه فى التجربة الاخيرة تماما وغاية ما ننبه الطالب له أننا احتفظنا بتسمية قطب الابرة المتجه شمالا بأنه القطب الشمالى ولذلك اضطررنا ان نسمى القطب المغناطيسى الارضى الذى بالقرب من الشمال الجغرافي بالقطب المغناطيسى الجنوبى لكى يكون الرسم صحيحا

بند (٤٧) لكى نفهم معنى الميل

تماما نأخذ (شكل ٧٩) الذي نبين فيه نصف الكرة الارضية مقطوعة بمستوي يمر بالقطبين الجغرافيين بفرض أن ا و ب القطبان الجغرافيان وان م مركز الارض وأنها كرة تامة فاذا رسمنا من م المستقيم م ح كانت نقطة ح نقطة على خط الاستواء الجغرافى

ويكون الخط الرأسى عند ح هو الخط المار بالنقطة ح ليمس الدائرة اى المماس ء ح هـ

(شكل ٧٩)

واذا فرضنا مؤقتا ان القطبين المغناطيسيين ينطبقان تماما على القطبين الجغرافيين كان أيضا ء ـمـ هو اتجاه إبرة الميل اذا وضعت عند ـمـ

نأخذ نقطة أخري (و) على سطح الكرة الأرضية ونصل و م فيكون عرض المكان (و) هو الزاوية و م ـمـ فمثلا اذا كانت الزاوية و م ـمـ = ٣٠° كانت نقطة (و) على خط عرض ٣٠° شمالا

والاتجاه الأفقى عند (و) هو أيضا المماس للدائرة عند (و) أي هو المستقيم ل و م

وعند النقطة (و) لايكون ل و م هو اتجاه أبرة الميل أبدا لأن ل و م هو أتجاه الأفقى بل يجب ان يكون أتجاه الابرة عند (و) أتجاه آخر مثل س و ص بحيث تكون زاوية م و ص هى زاوية الميل عند (و)

وأخيرا عند ا الذى هو موقع القطب يكون الأفقى الاتجاه ى ا ويكون أتجاه أبرة الميل ى ا وتكون زاوية الميل هى م ا ى التى تساوى ٩٠°

ولا ننس فى كل هذا أننا فرضنا انطباق الأقطاب الجغرافية والمغناطيسية ولكن الطالب الآن يمكنه ان يعرف كيف يتغير هذا الشكل اذا أخذت الأقطاب المغناطيسية مكانها الحقيقى من الأقطاب الجغرافية لأن الطريقة لاتزال واحدة

وليلاحظ الطالب ان القطبين المغناطيسيين ليسا على قطر واحد للكرة الأرضية ولكن يمكن أن نفرض أنهما كذلك

تقريبا وأن المحور المغناطيسى للأرض يميل على المحور الجغرافي بمقدار ١٧°

بند (٤٨) تغير مقدار الميل فى المكان الواحد

قلنا إن مقدار الانحراف فى المكان ليس ثابتا فى الاوقات المختلفة بل يتغير تغيرا سنويا وقرنيا وغيره

كذلك يتغير مقدار الميل فى الازمنة المختلفة فقد كان مقداره أكبر ما يمكن في لندرة فى سنة ١٧٢٣ وكان إذ ذاك ٤٢َ ٧٤°

ولكنه الآن أقل من ٦٧° قليلا وآخذ في النقص وقد قدرت القيمة المتوسطة لهذا التغير في السنة فوجد أنه تقريبا ١٠١َ

(بند ٤٩) مقياس الميل

يمكن قياس الميل بواسطة جهاز يقال له (بوصلة الميل) وتتركب كما في (شكل ٨٠) من

(١) دائرة أفقية مدرجة الى ٣٦٠° محمولة على حامل له ثلاث قوائم يتصل بكل منها مسمار محوى لجعلها أفقية

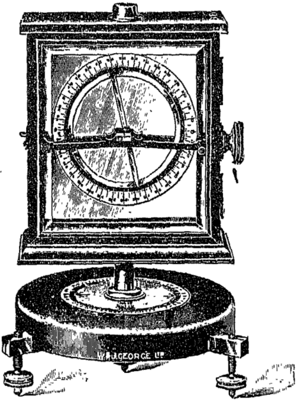
(٢) لوح (ا) فوق الدائرة يتحرك حول محور رأسى

(٣) دائرة أخرى رأسية مدرجة محمولة بواسطة اللوح (ا) بواسطتها يمكن قياس الميل

(٤) ابرة ممغطسة رأسية موضوعة فى مركز الدائرة الرأسية تتحرك فى مستوى رأسى وترتكز على سنين من العقيق

ولقياس الميل

(١) يجعل الجهاز افقيا بواسطة المسامير البريمية وميزان



التسوية الكؤولى   شكل (٨٠)

(٢) يدار اللوح (ا) حتى تصير الابرة رأسية

(٣) يدار اللوح (ا) بعد ذلك ٩٠° حول الدائرة الافقية (وفى هذه الحالة تكون الابرة في خط الزوال المغناطيسى)

(٤) تقرأ الزاوية الواقعة فى اتجاه الابرة والافق على الدائرة الرأسية فتكون هى زاوية الميل المطلوب

وقد وجد ان الجذب الناتج فى الغالب غير مضبوط تماما والسبب فى ذلك

(١) عدم انطباق المحور المغناطيسى للابرة على محورها الهندسى وتلافي ذلك يعكس وضع الابرة

(٢) عدم انطباق مركز الثقل للابرة على محور تعليقها ولتلافى ذلك تعكس مغطستها وذلك بعكس أقطابها

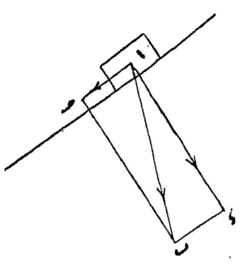
(٣) عدم انطباق الخط الواصل بين صفري الدائرة الرأسية على الافق ولتلافى ذلك يدار الجهاز ١٨٠° و يؤخذ متوسط الناتجين

(بند ٥٠) مبادىء أولية عن القوة والحركة

نعلم من علم الميكانيكا أن القوة المؤثرة على أي جسم في اتجاه ما تجعل هـذا الجسم يتحرك فى اتجاهها مالم يكن مقيداً ليتحرك فى اتجاه خاص مثال ذلك إذا ترك جسم يسقط إلى سطح الارض فان هذا الجسم يتحرك رأسيا إلى أسفل نحو مركز الأرض لأن قوة جاذبيـة الأرض المؤثرة عليه تؤثر فى اتجاه رأسى إلى أسفل نحو مركزها ولـكنك إذا علقت الجسم بخيط يكفى لحمل الجسم فان هذا الجسم يثبت مع أن قوة الجاذبيـة لم تزال مؤثرة عليه وذلك لأن الشد الذى فى الخيط يمنع الجسم من السقوط إلى أسفل وكذلك إذا وضعت جسما فوق منضدة أفقية فان قوة الجاذبية عليه لا يمكن أن تحركه مطلقا لأن الحركة التى يمكن أن تعملها قوة التثاقل اتجاهها إلى أسفل ولا يمكن أن يتحرك الجسم إلى أسفل لوجود المنضدة أسفله

ولـكن إذا وضعت جسما أملس فوق مستوي مائل أملس فان هذا الجسم يتحرك على المستوي المائل مع أن القوة المؤثرة عليه لاتزال رأسية إلى أسفل أنظر (شكل ٨١)

والسبب في ذلك هو أن القوة الرأسيـة إلى أسفل هى التى



وزن الجسم والتى بيناها بالمقدار ا ب يمكن تقسيمها الى قسمين أحدهما فى اتجاه المستوي والآخر في اتجاه عمودى على المستوي كما في الشكل فلو فرض أن القوة المؤثرة هى ا ب الرأسية فنرسم من ا المستقيم ا ﺣ موازيا سطح المستوى والمستقيم ا ء عموداً على المستوي

شكل (٨١)

و نكمل المستطيل ا ﺣ ب ء الذى قطره ا ب = القوة المؤثرة

هـذه العملية تسمى تحليـل القوة إلى مركبتين

فالقوة الكلية ا ب قد تحللت إلى قوتين أخريين هما ا ﺣ ، ا ء ويسمى كل من ا ﺣ ، ا ء المركبتين وهـذه المركبات تسمى عادة باتجاهها ولذلك نسمى ا ﺣ المركبة التى في اتجاه المستوى ونسمى ا ء المركبة العمودية على المستوى

و بما أن الجسم يتحرك فى اتجاه المستوي إذن المركبة ا ء لا يمكن أن تـكون محدثة لأي حركة فيه لأن الاتجاه الذى يمكن أن يتحرك فيه الجسم بتأثير ا ء هو الاتجـاه العمودي على المستوي ومعلوم أن الجسم لا يمكن أن يتحرك فى هذا الاتجاه

إذن الحركة جميعها ناشئة من تأثير المركبة ا ﺣ

و بالاختصار إذا أثرت قوة على جسم فى اتجاه معلوم وكان الجسم

مقيد الحركة بحيث لايمكن أن يتحرك إلا في اتجاه مائل بالنسبة لاتجاه هذه القوة وجب أن نحلل هذه القوة إلى مركبتين احداهما في اتجاه حركة الجسم والاخري عمودية عليها والمركبة الأخيرة ليس لها دخل في هذه الحركة

وإذن لو كان تأثير القوة فى اتجاه معلوم والحركة الممكنة في الجسم في اتجاه عمودى على خط تأثير القوة كانت النتيجة عدم حركة الجسم مطلقا

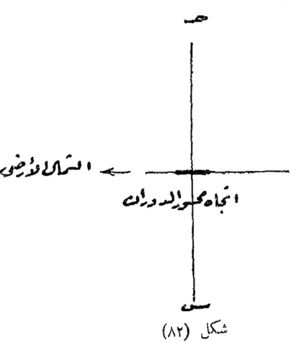
(بند ٥١)

الشرح السابق يكفى لفهم اتجاهات القوات المغناطيسية فى المجال الأرضى وذلك كما يأتى

ذكرنا فيما سبق أن الابرة المتحركة في مستوى أفقى (إبرة الانحراف) تتجه شمالا وجنوبا بتأثير المغناطيسية الأرضية لذلك نستنتج أنه لابد أن يكون هناك قوة مغناطيسية أرضية اتجاهها أفقي وغاية الأمر أننا من هذا وحده لايمكننا أن نجزم بما إذا كانت هذه القوة الأفقية هى كل مايوجد من القوة المغناطيسية الارضية أو هى فقط مركبة في هذا الاتجاه لذلك نأخذ إبرة الميل أيضا فنجد أننا علمنا مما سبق أن هذه الابرة المتحركة في مستوى رأسى تتحرك فى هذا المستوي بتأثير المغناطيسية الأرضية

لهذا نؤكد أن القوة الأولى التى أثرت على إبرة الانحراف هى المركبة الأفقية فقط وليست القوة الكلية لأن إبرة الميل أثبتت وجود قوة فى اتجاه رأسى

ولكن يجب أن نلاحظ أن إبرة الميل لاتقف رأسيا إلا إذا كان مستوي دورانها عموديا على خط الزوال المغناطيسى وفي هذه الحالة فقط تكون متأثرة بالمركبة الرأسية للمغناطيسية الأرضية وحدها ويمكن فهم هذه العبارة الأخيرة من الشكل (٨٢) الذى يمثل إبرة الميل في نصف الكرة الشمالى موضوعة

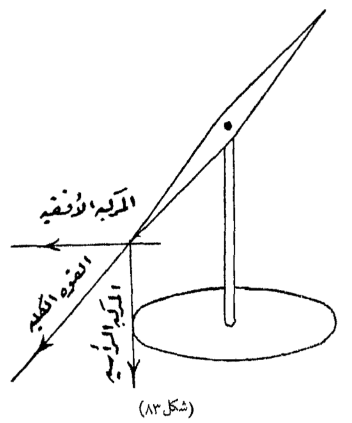


شكل (٨٢)

لتتحرك فى مستوى عمودي على خط الزوال المغناطيسى

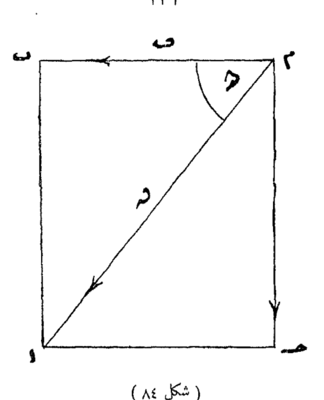
نجد من الشكل أن المركبة الأفقية للمغناطيسية الأرضية لايمكن أن تحرك أقطاب هذه الابرة مطلقا لتتجه شمالا وجنوبا ولهذا تكون الابرة متأثرة بالمركبة الرأسية فقط ويجب أن تقف رأسية أما إذا كان مستوي دوران إبرة الميل هو خط الزوال المغناطيسى فان كلا من المركبتين يؤثر فيها ولذلك تكون الابرة متأثرة بالقوة الكلية المغناطيسية للأرض

إذن اتجاه إبرة الميل فى أى مكان عند ما يكون مستوى دورانها خط الزوال المغناطيسى يكون اتجاه القوة الكلية الأرضية أنظر (شكل ٨٣)



(شكل ٨٣)

ومن هذا نعلم إذن أن اتجاه القوة الكلية للمغناطيسية الأرضية عند خط الاستواء المغناطيسى يكون أفقيا وعند القطبين يكون رأسيا وفى أى مكان آخر على سطح الأرض يكون مائلا على الأفق بالزاوية التى سميناها زاوية الميل وهذه الحالة الأخيرة مبينة (بشكل ٨٤) الذي يمثل القوة الكلية فيه المستقيم م ا المائل على الأفق م ب بالزاوية ا م ب إذن الزاوية ا م ب هى زاوية الميل



(شكل ٨٤)

وأيضا يمثل المستقيم م ب المركبة الأفقية ويمثل المستقيم م حـ المركبة الرأسية

وإذا رمزنا لزاوية الميل بالزاوية هـ وللقوات الثلاث على الترتيب السابق بالحروف ن ف ر ينتج أن

$$\frac{\text{ف}}{\text{ن}} = \frac{\text{م ب}}{\text{م ا}} = \text{جتا هـ} \therefore \text{ف} = \text{ن} \times \text{جتا هـ} \qquad (١)$$

$$\text{و}\ \frac{\text{ر}}{\text{ن}} = \frac{\text{م حـ}}{\text{م ا}} = \frac{\text{ا ب}}{\text{م ا}} = \text{جا هـ} \therefore \text{ر} = \text{ن} \times \text{جا هـ} \qquad (٢)$$

$$\text{و}\ \frac{\text{ر}}{\text{ف}} = \frac{\text{جا هـ}}{\text{جتا هـ}} = \text{ظا هـ} \therefore \text{ر} = \text{ف} \times \text{ظا هـ} \qquad (٣)$$

هذه القوانين الأخيرة تعطي العلاقة بين زاوية الميل والقوة الكلية ومركباتها الأفقية والرأسية

ولتعيين المجال المغناطيسي الأرضى فى أى مكان يجب أن نعلم ثلاثة مقادير أساسية هي

أولا — مقدار الانحراف لأن هذا يعين المستوي الرأسى الذى يكون فيه اتجاه القوة الكلية

ثانيا — مقدار الميل لأن هذا يعين اتجاه القوة الكلية في هذا المستوى الرأسى الذى تعين من الانحراف

ثالثا — مقدار المركبة الافقية لأن مقدار ذلك مع مقدار زاوية الميل يعين القوة الكلية باستعمال القانون ف = ں × جتاه

بند (٥٢) نتائج عامة مما تقدم

القوة الكلية عند خط الاستواء المغناطيسى تكون أفقية وعند القطبين تكون رأسية

المركبة الأفقية تكون نهاية عظمى عند خط الاستواء المغناطيسى وتقل تدريجيا إلى أن تصبح صفرا عند القطبين ومقدارها ١٨ر٠ في لندرة و ٢٩ر٠ فى القاهرة

المركبة الرأسية تكون صفرا عند خط الاستواء المغناطيسى وتكون نهاية عظمى عند القطبين

الميل يكون صفرا عند خط الاستواء ويزداد إلى أن يصبح نهاية عظمى عند (٩٠)° عن كل من القطبين

الانحراف يكون صفرا على خطين يمتدان من أحد القطبين

إلى الآخر وكذلك على خط بيضاوي آخر في شرق آسيا وقد يكون شرقا أو غربا

القوة الكلية تكون أقل مايمكن عند خط الاستواء وتكبر تدريجيا بازدياد زاوية الميل إلى القطبين

يمكن تعيين خط الزوال المغناطيسى بواسطة إبرة الميل وذلك بادارتها حتى تقف رأسية تماما فيكون المستوى التى تتحرك فيه اذن عمودا على خط الزوال المغناطيسى ويكون محورها فى خط الزوال تماما

إذا أريد مغطسة قضيب من الحديد بتأثير المغناطيسية الأرضية لكى يكون أقوى مايمكن وجب وضعه فى اتجاه ابرة الميل فى هذا المكان لأنه فى هذه الحالة يكون متأثرا بالقوة الكلية

بند (٥٣) سبب وجود المجال المغناطيسى الأرضى

لم يتوصل العلماء إلى اتفاق الى الآن بسبب وجود المغناطيسية الأرضية ولقد فكر أحد العلماء أن بداخل الأرض مغناطيسا كبيرا يشغل الجزء اليابس منها فقط ومن هذا أمكنه أن يأتى ببعض تفسير لتغييرات المغناطيسية الأرضية

فكر آخر أن الأرض لابد أن تكون محاطة بكرة أخرى مغناطيسية محورها يصنع مع محور الأرض ٣٠ َ ٨° وأن هذه الكرة المغناطيسية تدور بسرعة دوران تخالف سرعة دوران الارض

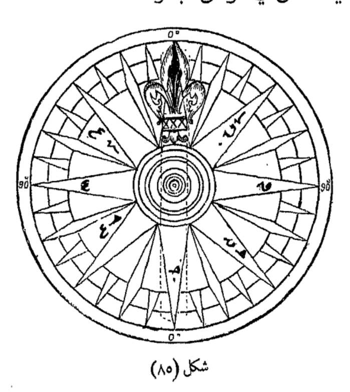
فكر ثالث أنه لابد أن تكون الأرض مكونة من قشرتين كرويتين تتحركان بسرعتين مختلفتين

وأخيرا فكر بعضهم في أن سبب المغناطيسية الأرضية هو أن الأرض محاطة بتيارات كهربائية ناشئة من التيارات الهوائية الساخنة والباردة التي توجد حول الكرة الأرضية بتأثير الشمس

وعلى أي حال مهما كان التفسير الذي يذكره العلماء لذلك فانه من المؤكد أن مغناطيسية الأرض ليست جميعها في داخلها بل لا بد أن تكون هناك تأثيرات مغناطيسية على الكرة الأرضية خارجة عن كتلتها

بند (٥٤) البوصلة البحرية

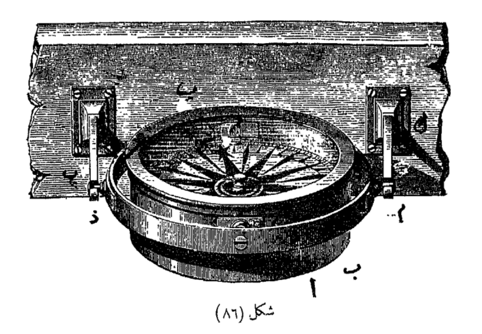
نستنتج مما سبق ان لتأثير فعل المغناطيسية الأرضية أهمية عظمى للملاحة لذلك اخترعت البوصلة البحرية في القرن الثامن عشر لهداية السفن في عرض البحر



شكل (٨٥)

وتتركب كما في شكل (٨٥) من إبرة مغناطيسية رفيعة معينة الشكل تأخذ دائما الوضع الشمالى الجنوبى المغناطيسى محمولة على سن مدبب وتتحرك حول قرص دائرى من الميكا والمغطى من الجانبين بالورق وهذا القرص مقسم الى ٣٢ قسما منها النقط الأربع الأصلية وأيضا النقط المتوسطة بينها وتكون الزاوية بين كل نقطتين من نقط التقاسيم = $\frac{٣٦٠}{٣٢}$ = ١١° ١٥′

والأبرة مع القرص موضوعان داخل علبة نحاسية ب بَ ذات غطاء زجاجى



شكل (٨٦)

وهذه العلبة محمولة بحلقتين معدنيتين مركزهما واحد إحداهما مثبتة بالعلبة وتتحرك حول سنين مدببين م مَ ء شكل (٨٦)

وهذان السنان مثبتان بالحلقة الاخري ا ب المحمولة بواسطة الساقين ك ى ب المثبتين على حاملين قائمين

وفائدة الحلقتين هى ان يظل قرص البوصلة دائما أفقيا مهما كان ميل السفينة

ولتلافى تأثير مغناطيسية الأرض على معدن السفينة وكذا عند تحركها في خط الزوال المغناطيسى قد وضع تحت البوصلة مباشرة قضيبان ممغطسة أحدهما طولا والاخر عرضا وأيضا وضع على جانبي البوصلة كرتان متساويتان من الحديد بعداهما عن مركز البوصلة متساويان وذلك تلافيا من تأثير تمغطس معدن السفينة على البوصلة

اسـئلة

(١) ماالذى تفهمه عن الكرة الأرضية كمغناطيس ؟

(٢) ماهو خط الزوال الجغرافي والمغناطيسى ؟ وما اسم الزاوية المحصورة بينهما ؟

(٣) هل تتجه الابرة المغناطيسية في اتجاه الشمال والجنوب دائما ؟ وإن تغير اتجاهها فبين السبب ؟

(٤) ماهو الانحراف وكيف يمكن قياسه وهل هو ثابت فى مكان واحد أم متغير؟

(٥) ماهو الميل وكيف يمكن قياسه وهل يتغير الميل في المكان الواحد ؟

(٦) ماهو خط الاستواء المغناطيسي وكيف يمكنك معرفته ؟

(٧) اذا فرض ومشيت من القطب الشمالى للكرة الأرضية الى قطبها الجنوبى مارا بخط الاستواء وكان معك ابرة الميل فبين كيف يكون الميل عند تحركك من مكان لآخر

(٨) إشرح فائدة البوصلة البحرية في السفن

(٩) لاحظ بحار وهو سائر بسفينته ان زاوية انحراف القطب الشمالى لأبرة بوصلته البحرية هى ٢٠َ ٢٢° غربا فما هى الزاوية التي يجب ان يدير سفينته اذا اراد ان يتجه الى الغرب (الجواب ٤٠َ ٦٧°)

(١٠) قضيبان متساويان من الصلب متمغطسيان معلقان رأسيا ويبعدان عن بعضهما بمسافة كبيرة حتى لا يتأثر أحدهما من الآخر وكان القطب الشمالى لأحدهما متجها الى أعلى والقطب الشمالى للآخر متجها الى أسفل فاذا تركا فى هذا الوضع عدة سنين فأيهما تكون مغناطيسيته أقوى من مغناطيسية الآخر ولماذا

(١١) اذا علقت ابرة من الصلب تعليقا رأسيا وطرقتها بمطرقة تراها تمغطست فبين السبب فى ذلك ثم اشرح كيف يكون تأثير الطرق وموضعه عليها

ما الذى يحدث اذا قربت النهاية السفلى للأبرة لقطب شمالى لمغناطيس ما ؟

الفصل الثانى

الكهرباء الديناميكية

الباب الاول

الاعمدة الابتدائية

بند (٥٥) نوعا الكهربائية

قلنا فيما سبق ان الكهربائية نوعان وان النوع الاول يسمى الاستاتيكية والثانى يسمى الكهربائية الديناميكية وليست دراسة النوع الاول من بحثنا في هذا الكتاب ولكننا سنذكر بعض قواعد ونظريات اساسية في هذا النوع على سبيل المقارنة فقط

وأول ماعرف عن الكهرباء هو انه اذا دلك قضيب من الكهرمان بقطعة من الصوف مثلا اكتسب خاصة جذب الاجسام الخفيفة مثل قطع من الورق او القش او ماشابه ذلك

من اجل هذا سميت هذه الخاصة بالكهرباء وسمى الجسم الذى يكتسب هذه الخاصة بالجسم المتكهرب

بعد ذلك وجد بالتجربة ان اجساما اخري مثل الراتنج

والشمع والزجاج والكبريت وغيرها تكتسب هذه الخاصة بالدلك ايضا وان اجساما اخرى مثل النحاس والحديد وجميع المعادن لاتكتسب هذه الخاصة اذا دلكت وهي ممسوكة باليد

تبين بالبحث والتجربة بعد ذلك ان جميع الاجسام يمكن تكهربها بالدلك بشرط ان لايكون هناك اتصال بين الجزء المتكهرب فيها والارض ومن هذا علم لماذا يتكهرب الزجاج او الشمع ولا يتكهرب النحاس لانه فى الحالة الاولى لايمكن ان تتسرب الكهربائية الموجودة على الجسم للارض لانه جسم لا يوصل للكهربائية وفي الحالة الثانية (حالة النحاس) تتسرب الكهربائية من الجسم الى اليد الى الارض بواسطة الجسم الانسانى لانها اجسام توصل الكهربائية لذلك قسمت الاجسام الى قسمين الاول منها الذى يوصل الكهرباء وتسمى اجساما موصلة والثانى يسمى الاجسام العازلة

من هذا ايضا علمنا انه اذا وصل بين جسم متكهرب وآخر غير متكهرب سرت الكهربائية من احدهما الى الآخر وقد يحصل ذلك السريان ايضا بين جسمين متكهربين اولا يحصل ولفهم ذلك نأخذ حالة جسمين مرتفعين فى درجة الحرارة فانه عند توصيل احدهما بالآخر نلاحظ ان الحرارة تسري من الذي درجة حرارته اعلى الى الذى درجة حرارته أقل

و يمكننا ان نضرب مثلا آخر بأخذ اناءين من الماء يمكن

اتصالهما معا بواسطة انبوبة تتصل بأسفل الاناءين فنجد ان الماء يسرى بين الاناءين اذا كان سطح السائل فى احدهما اعلى منه في الآخر

كذلك في الكهرباء عند توصيل جسم متكهرب بآخر قد تسري الكهربائية من احدهما الى الآخر ونقول للذى سرت منه الكهربائية انه اعلى جهدا من الآخر

تعريف — فالجهد الكهربائى يعرف اذن بانه الحالة التى تبين اى الجسمين تسرى منه الكهربائية للآخر عند توصيلهما بموصل

فالجهد فى الكهرباء يشابه الدرجة فى الحرارة و يشابه ارتفاع السطح في الماء

بند (٥٦) الفرق بين نوعى الكهرباء

قلنا فى البند السابق ان الكهرباء الاستاتيكية تنشأ من الاحتكاك ولذلك قد تسمى بكهربة احتكاك ولو انه يمكن ايجادها بطرق اخري مثل الطرق والدق والتصادم وغير ذلك وفى هذا النوع ايضا تكون الكهرباء منتشرة على سطح الجسم فقط

ايضا نعلم ان الجهد على سطح الموصل المشحون بالكهربائية الاستاتيكية واحد فى جميع اجزائه لانه لو فرض اختلاف فى الجهد بين اجزائه لحدث سريان الكهربائية بين الاجزاء ولكنه بما ان هذا الجسم فى حالة تعادل فتكون جميع نقطه بجهد واحد

اما في النوع الثانى المسمى بالكهرباء الديناميكية فان الذي يهمنا هو سريان الكهربائية وينشأ عن هذا السريان ما نسميه بالتيار الكهربائى

لذلك يجب فى الكهربائية الديناميكية ان يكون هناك نقطتان بينهما فرق في الجهد يحدث سريان هذا التيار الكهربائى وسنجد بعد ان الموصل الذي يمر فيه هذا التيار لا تكون نقطه بجهد واحد ابدا والا وقف التيار

وزيادة على ذلك فان هذا التيار الكهربائى يمر من خلال الموصل أى يمر بمقطعه المستعرض وسنرى بعد أنه كلما كان مقطع الموصل أكبر كلما أمكن مرور تيار أكبر فيه قبل أن ترتفع درجة حرارته

هذاهو مايهمنا ذكره للمقارنة بين نوعى الكهرباء وبالاختصار يمكننا أن نقول إن الكهرباء الاستاتيكية خاصة بالشحنات على الأجسام أما الكهرباء الديناميكية فهى خاصة بسريان التيار الكهربائى

(بند ٥٧) منشأ التيار الكهربائى

يمكن احداث تيار كهربائى مستمر كما شرحنا بطريقتين أساسيتين :

اولا — بواسطة الاعمدة أو البطاريات

ثانيا — بواسطة المولدات أو الديناموات

وفي الحالة الاولى يكون التفاعل الكيماوى الذي يحدث فى العمود هو السبب في حفظ فرق الجهد الثابت بين النقطتين اللتين يسري بينهما التيار الكهربائى وفي الحالة الثانية تكون القوة الميكانيكية التى تدير المولد السبب فى وجود التيار الكهربائى الذي يؤخذ منه .

وبما أن مرور التيار الكهربائى في الموصلات يتبعه طاقة تسمي الطاقة الكهربائية اذن (بناء على قانون حفظ الطاقة المعروف) نعلم أنه لوجود هذا التيار يجب ان يصرف مقدار من الطاقة يعادل هذه الطاقة الكهربائية التى تتبع مرور التيار

ففى الاعمدة تتحول الطاقة الكيماوية التى تصرف فى التفاعل الكيماوي فى العمود الى طاقة كهربائية

وفي الدينامو تتحول الطاقة الميكانيكية التى يدار بها الدينامو الى طاقة كهربائية تتبع التيار الذي يتولد في الدينامو

واول ماعرف من هذين النوعين من تحويل الطاقة هو النوع الاول اي توليد التيار الكهربائى بالتفاعل الكيماوى من الاعمدة والبطاريات

بند (٥٨) شرح عمل العمود البسيط

تجربة (٢٥)

ضع لوحا من الخارصين التجارى المعتاد فى محلول من حامض الكبريتيك المخفف بالماء بنسبة جزء من الحامض الى ١٠ اجزاء من الماء تر حدوث تفاعل كيماوي قوي بين الحامض المخفف والخارصين يتبعه خروج فقاقيع من غاز الايدروجين وتأ كل الخارصين وتكون كبريتات الخارصين في قاع الاناء ونتيجة كل هذا تجد ان السائل بما فيه ترتفع درجة حرارته وفي هذه الحالة نقول ان الطاقة الكيماوية قد تحولت الى طاقة حرارية ورفعت درجة حرارة السائل

والمعادلة الكيماوية لهذا التفاعل هى :ـ

$$\text{ح} + \text{يدر}_{٢}\,\text{كب}\,\text{ا}_{٤} = \text{ح}\,\text{كب}\,\text{ا}_{٤} + \text{يدر}_{٢}$$

اي أن تفاعل الخارصين مع حامض الكبريتيك يحدث كبريتات الخارصين وايدروجينا

أعد التجربة السابقة بان تضع لوحا من الخارصين الململغم (أي المغطى بطبقة من الزئبق) بدلا من لوح الخارصين التجاري لا يحدث أي تفاعل كيماوى مطلقا

اعد التجربة ثالثا باستعمال لوح من الخارصين النقى لا يحدث اى تفاعل كيماوي ايضا

بعد ذلك ضع في الاناء الذى به الحامض المخفف لوحا من الخارصين المملغم او الخارصين النقى ولوحا من النحاس بدون ان يمس احدهما الآخر لاتجد أثرا لاي تفاعل كيماوى

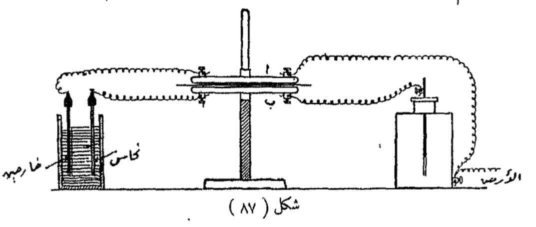
بعد ذلك وصل بين اللوحين (الخارصين والنحاس) بسلك من النحاس خارج السائل تلاحظ حدوث التفاعل الكيماوى وتجد ان لوح النحاس يتغطى من الايدروجين وتجد ايضا ان السلك الخارجى يحمل تيارا كهربائيا يمكن اثبات وجوده بطرق سنشرحها فيما بعد ويكون اتجاه التيار فى هذا السلك الخارجى من النحاس الى الخارصين كما انك تجد ان التيار يسرى ايضا داخل السائل من لوح الخارصين الى لوح النحاس متمما الدائرة الكهربائية ويسمى هذا الجهاز بالعمود البسيط

وبعبارة اخري تجد ان اللوح النحاسى يكون جهده اعلى من جهد لوح الخارصين

ولا ثبات وجود فرق الجهد بين اللوحين نجرى التجربة الآتية

تجربة (٢٦)

خذ إناء به مقدار من حامض الكبريتيك المخفف بالماء بالنسبة المذكورة سابقا وضع فيه لوحا من الارض الخارصين المملغم وآخر من النحاس ثم احضر لوحين من النحاس ا و ب بينهما جسم عازل كما ترى فى شكل (٨٧) ليكون مكثفا ثم وصل بين



شكل (٨٧)

هذين اللوحين اولا الى لوحى الخارصين والنحاس في العمود البسيط وثانيا الى قرص وقاعدة كشاف كهربائى كما ترى

بعد ذلك ارفع السلك الواصل بين (ا) و لوح الخارصين وارفع ايضا القرص (ب) تجد ان ورقتى الكشاف قد انفرجتا ويمكن اثبات ان انفراجهما حادث من شحنة موجبة مما يدل على ان جهد النحاس في العمود اعلى من جهد الخارصين

يمكن اثبات ان جهد الخارصين سالب اذا غيرنا التوصلات في هذا الشكل ونترك للطالب بحث ذلك بنفسه وإجراء التجربة يسمى اللوح الذى جهده اعلى في هذا العمود باللوح الموجب

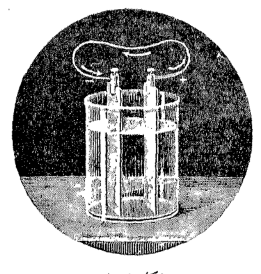
و يسمى الذي جهده اقل باللوح السالب وفي هذه الحالة اذن يكون الخارصين اللوح السالب و النحاس اللوح الموجب

سبب استعمال القرصين ا و ب في هذه التجربة هو انهما يكونان مكثفا ذا كثافة كبيرة تساعد على جمع شحنة كافية تحدث انفراج ورقتي الكشاف وبدون ذلك لا يضمن نجاح التجربة وفي الحقيقة فان هذا الجهاز هو الكشاف المكثف

(بند ٥٩) الأعمدة الكهربائية : يتركب العمود الكهربائي البسيط من اناء به محلول يوضع فيه جسمان موصلان من مادتين مختلفتين فيحدث فرق في الجهد بين الموصلين يمكن استعماله في أخذ تيار من العمود اذا وصلا بأي موصل

و ليس السائل أيا كان في هذا العمود فمثلا اذا استعملت الماء كسائل في العمود لانحصل على أي فرق في الجهد بين الموصلين أو اللوحين اللذين يوضعان فيه بل يجب أن يكون لهذا السائل تفاعل كيماوي على الألواح الموضوعة فيه

ومن السوائل الشهيرة التي لها تفاعل كيماوي مع أغلب الأجسام حامض الكبريتيك المخفف بالماء و لذلك نرى أن العمود البسيط يحتوي على اناء به كمية من حامض الكبريتيك المخفف بالماء بنسبة ١ الى ١٠ تقريبا يوضع فيه لوحان معدنيان مثل الخارصين والنحاس



شكل (٨٨)

وللتعليل وجود فرق الجهد بين لوحى العمود البسيط توجدنظريات كثيرة أسهلها ما يأتى :ـ

لحامض الكبريتيك المخفف بالماء تفاعل كيماوى مع كل من النحاس والخارصين فمع الأول ينتج من التفاعل أيدروجين وكبريتات النحاس ومع الثانى ينتج ايدروجين وكبريتات الخارصين ولكن التفاعل الكيماوى الثانى أشد من الأول كما نعلم من دروس الكيمياء

ولذلك يكون مقدار الأكسجين الذى بالسائل والمتجه نحو الخارصين أكبر من المقدار المتجه نحو النحاس

وبما ان الأكسجين مشحون بكهربائية سالبة إذن تكون شحنة الخارصين سالبة بالنسبة لشحنة النحاس ويكون النحاس القطب الموجب والخارصين القطب السالب

والطاقة الكهربائية المستمدة من العمود تكون على حساب التفاعل الكيماوى أو الطاقة الكيماوية المبذولة في نفس العمود ولذلك نري بعد استعمال العمود زمنا معلوما ان مادة الخارصين به قد تآكلت وأنه يجب تغيير هذا اللوح فيه

بند (٦٠) نوع الخارصين المستعمل والتفاعل الموضعى

ذكرنا فى تجربة (٢٥) انه اذا كان الخارصين تجاريا فانه يتآكل سواء أخذنا من العمود تيارا كهربائيا أم لم نأخذ ولكن اذا كان الخارصين نقيا أو مملغما بطبقة من الزئبق فانه لايتآكل او بعبارة اخرى لايحدث التفاعل الكيماوي الا وقت أخذ التيار من العمود ولهذا يجب استعمال الخارصين النقى او المملغم منعا لذلك والغالب هو استعمال المملغم لأن النقى كبير الثمن بالنسبة للآخر

والسبب فى ان الخارصين التجارى يتفاعل بمجرد وضعه فى السائل حتى بدون أخذ التيار هو ان الخارصين يحتوى على مواد غريبة أخرى من معادن مختلفة وبتعرض هذه المواد المختلفة للسائل يحدث بينهما وبين السائل تفاعل كيماوي موضعى مختلف الشدة كما بينا وتتكون تيارات كهربائية موضعية بين معدن منها والآخر كما لو كانت جميعها عدة أعمدة صغيرة ولذلك يتولد التيار الكهربائى ولكن بطريقة لايمكن معها استعماله في الدائرة الخارجية وغاية الأمر انه يحدث حرارة في نفس السائل

بند (٦١) الاستقطاب

هذا العمود البسيط به عيب أساسى وهو ضعف جهده بعد استعماله زمنا قليلا وذلك لان اللوح النحاسى منه يتغطى بطبقة

من الأيدروجين نتيجة التفاعل الكيماوي وهذا الأيدروجين موصل ردئ للكهربائية فوجوده على اللوح النحاسى يسبب مقاومة كبيرة في الدائرة ويضعف التيار

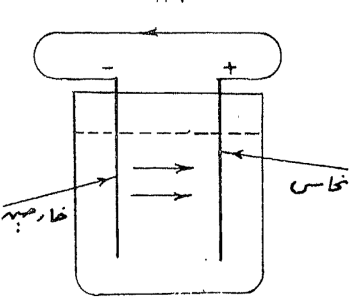
وزيادة على ذلك فأن الأيدروجين موجب الشحنة ولذلك بعد تغطيته للوح النحاس يسري التيار منه داخل السائل الى الخارصين وهذا الاتجاه مضاد لاتجاه التيار الأصلى فيضعف التيار الأصلى وربما ينعكس أيضا في الاتجاه

هذه العملية تسمى الاستقطاب للاعمدة البسيطة ومنعا لذلك تستعمل أعمدة خاصة نظريتها جميعا عدم وصول الايدروجين الى اللوح الموجب وعدم حدوث الاستقطاب

بند (٦٢) نظرية عمل العمود البسيط

قلنا ان التيار الكهربائى فى العمود البسيط يتجه من القطب الموجب الى السالب خارج العمود ولكنه فى داخل العمود يتجه من اللوح السالب الى الموجب وبما اننا نعلم ان التيار يسرى من الجهد المرتفع الى المنخفض فنريد اذن ان نبين هنا كيف يتجه هذا التيار من اللوح السالب الى الموجب فى داخل العمود شكل (٨٩)

لذلك نقول ان التفاعل الكيماوى الذى يحدث هو الذى يحمل التيار الكهربائى متجها من الخارصين الى النحاس اى من الجهد المنخفض الى المرتفع فكأن هنا التفاعل الكيماوي المذكور هو



شكل (٨٩)

بمثابة مضخة للماء ترفع الماء من السطح المنخفض الى السطح المرتفع ضد ميل الماء لان يجرى من السطح المرتفع الى المنخفض ولهذا يكون سريان التيار على حساب هذا التفاعل الكيماوي الذى قلنا انه يسبب تآكل مادة اللوح السالب في العمود والذى يجب تغييره من آن لآخر

بند (٦٣) انواع الألواح المستعملة

قلنا انه يجب ان يكون اللوحان المستعملان من مادتين مختلفتين وسبب ذلك انه اذا كانا من نوع واحد كان مقدار تفاعل السائل عليهما واحدا وكان اذن مقدار الجهد عليهما ايضا واحد ولهذا لا يمكن ان يكون هناك فرق جهد للوحين من نوع واحدا اذا وضعا في السائل ولعدم وجود فرق الجهد لا يمكن ان يكون هناك تيار كهربائى

من اجل هذا نستعمل دائما لوحين من مادتين مختلفتين يكون ميل اتحاد الاكسجين معهما بدرجتين مختلفتين ويكون اللوح الذي ميل اتحاده مع الاكسجين اكبر هو القطب السالب . والجدول الآتى يعطى عددا من المواد التى يمكن منها عمل الواح الاعمدة مرتبة بحيث اذا اخذ اي اثنين منها في هذا الجدول كان الذى يأتى ذكره اولا فى الجدول هو اللوح السالب وهذه المواد هى

(١) المنجنيز (٢) الخارصين (٣) الرصاص
(٤) القصدير (٥) الحديد (٦) النحاس
(٧) الزئبق (٨) الفضة (٩) البلاتين
(١٠) الكربون

وكلما كان الفاصل بين المادتين اكبر في هذا الجدول كان فرق الجهد اكبر بين اللوحين ولذلك يكون العمود البسيط الذى احد لوحيه من المنجنيز والآخر من الكربون هو الذى يعطى اكبر فرق جهد ممكن يبين جميع هذه المواد .

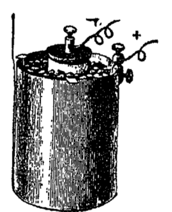
ومع ذلك فان انتخاب الالواح ليس قاصرا على ايجاد اكبر فرق جهد للعمود بل هناك اعتبارات اخرى نشرحها فيما يلى عند التكلم على الاعمدة المختلفة التى يمنع فيها الاستقطاب

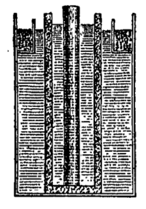
يسمى فرق الجهد بين قطبى العمود عند عدم مرور اي تيار كهربائى فيه بالقوة الدافعة الكهربائية للعمود وهى تقدر بنفس الوحدة (المسماه ڤولت) التى يقدر بها فرق الجهد ولكن اذا اخذنا اى تيار من العمود كان فرق الجهد بين اللوحين اقل من القوة الدافعة الكهربائية ولهذا اسباب سنشرحها فيما بعد نظريا وعمليا

من هذا تعرف القوة الدافعة الكهربائية للعمود بانها النهاية العظمى لمقدار فرق الجهد بين قطبي العمود و يكون ذلك عند عدم اخذ اى تيار من العمود

بند (٦٤) عمود دانيال :

عمل هذا العمود الاستاذ دانيال سنة ١٨٣٦ وهو يحتوى على وعاء خارجي من النحاس وهذا الوعاء يكون القطب الموجب للعمود و يوجد داخل هذا الوعاء محلول مشبع من كبريتات النحاس و داخله وعاء آخر من الفخار داخله حمض الكبريتيك المخفف بالماء به قضيب من الزنك المملغم وهذا القضيب الاخير يكون القطب السالب للعمود (شكل ٩٠) و يوجد بالاسطوانة النحاسية رف





(شكل ٩٠)

ذو ثقوب مغمور تحت سطح محلول كبريتات النحاس يوضع بللورات من كبريتات النحاس فائدتها تركيز محلول كبريتات النحاس كلما خف بتأثير مرور التيار و بذا يظل المحلول مشبعا

التفاعل : — عند غلق الدائرة يؤثر حامض الكبريتيك

فى الزنك فيكونان كبريتات زنك وايدروجينا

يخترق الايدروجين مسام الاناء الفخاري و يتحد مع كبريتات النحاس فيكون حمض كبريتيك ونحاسا وبذا يمتنع حدوث الاستقطاب والتفاعل كالآتى : —

حامض كبريتيك + زنك ← كبريتات زنك + ايدروجين

كب ا$_{٤}$ يد$_{٢}$ + ز ← كب ا$_{٤}$ ز + يد$_{٢}$

ايدروجين + كبريتات نحاس ← حامض الكبريتيك + نحاس

يد$_{٢}$ + كب ا$_{٤}$ نح ← كب ا$_{٤}$ يد$_{٢}$ + نح

وهذا العمود ليس به رائحة ولا تنتشر منه غازات سامة وقوته الدافعة الكهربائية ومقاومته تكاد تكون ثابتة لزمن يذكر ولهذا السبب فهو كثير الاستعمال في التلغرافات لأن التلغراف يلزم له تيار بسيط ثابت فى شدته

والقوة الدافعة الكهربائية لهذا العمود هى ١٤ر١ ڤولت ومقاومته تختلف ما بين ٦ر١ الى ٣ أوهم

بند (٦٥) عمود بنزن أو جروف : —

يتركب هذا العمود من اناء من الزجاج داخله مقدار من حامض الكبريتيك المخفف ولوح من الزنك الملغم ملوى على شكل U حول اناء فخاري غير مصقول محتو على مقدار من حامض الأزوتيك وبه قضيب من الكربون أو من البلاتين وهو القضيب الموجب للعمود كما هو مبين(بشكل ٩١)



(شكل ٩١)

التفاعل : — عند غلق الدائرة يؤثر حامض الكبريتيك فى الزنك (القطب السالب) فيكونان كبريتات الزنك و يخترق الايدروجين المنفصل مسام الوعاء الفخارى فيتفاعل مع حامض الأزوتيك ويكون ماء وفوق اكسيد النتريك الذى يذوب في الحامض أو يتصاعد من العمود و بذا يمتنع حدوث الاستقطاب والتفاعل الآتى : —

حامض الكبريتيك + زنك ← كبريتات الزنك + الايدروجين

كب ا٤ يد٢ + ز ← كب ا٤ ز + يد٢

ايدروجين + حامض النتريك ← ماء + فوق اوكسيد النتريك

يد٢ + ن يد ا٣ ← يد٢ ا + ن يد ا٢

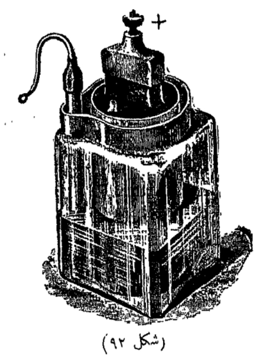
هذا العمود من أقوى الأعمدة ذات السائلين و يكون غالى الثمن اذا استعمل البلاتين فيه و يسمى العمود فى هذه الحالة عمود جروف ولارتفاع ثمنه استعيض عنه بقضيب من الكربون و يقال للعمود فى هذه الحالة الثانية بعمود بنزن

ومن عيوب هذا العمود تصاعد غاز فوق اكسيد النتريك وهو غاز سام ذو رائحة كريهة

والقوة الدافعة الكهربائية لهذا العمود هى ١٫٩ ڤولت ومقاومته الداخلية صغيرة ٠٫١٤ أوهم ولهذا يستعمل اذا أريد الحصول على تيار قوى ثابت المقدار

(بند ٦٦) عمود لكلانشيه : —

يحتوي هذا العمود على قضيب من الزنك الململغم موضوع فى



(شكل ٩٢)

محلول ملح النوشادر داخل إناء من الزجاج والقطب الموجب عبارة عن قضيب من الفحم المتبخر (فحم المعوجات) موضوع في وعاء من الفخار ومحاط به قطع من الكربون وثانى أوكسيد المنجنيز (شكل ٩٢) أما التفاعل الذي يحدث فهو كما يأتى :—

كلورور النوشادر + زنك ← كلورور الزنك + نوشادر + أيدروجين

٢ (ن يد$_{٤}$ كل) + ز ← كل$_{٢}$ ز + ٢ (ن يد$_{٣}$) + يد$_{٢}$

والتفاعل الذي يحدث بداخل وعاء الفخار

ايدروجين + أوكسيد المانجنيز الاسود ← أوكسيد المنجنيز الغامق + ماء

يد$_{٢}$ + ٢ م ا$_{٤}$ ← م$_{٢}$ا$_{٣}$ + يد$_{٢}$ ا

وفى هذا العمود تكون المادة المانعة للاستقطاب هى ثانى أوكسيد المنجنيز غير أن مقدار الايدروجين الذى يتكون يكون أكبر مما يمكن لثانى أوكسيد المنجنيز أن يتفاعل معه

ولهذا السبب نجد بعد قليل من قفل الدائرة ومرور التيار أن مقدار التيار يقل مما يدل على حدوث الاستقطاب ولكن إذا أوقف التيار بضع دقائق فان هذا يكون كافيا لتفاعل الايدروجين

المنفصل مع ثانى أوكسيد المنجنيز فيرجع التيار الكهربائى كما كان
شدته الاولى ولذا يستعمل العمود المذكور فى الدوائر الغير
المستمرة التيار مثل الأجراس والتليفونات .

ومزاياه هى (أولا) رخص ثمنه (ثانيا) لايخرج منه غازات
مضرة (ثالثا) يستمر مدة من الزمن بدون إصلاح

ونقائصه هى أنه يحصل له استقطاب بسرعة ولذا لايمكن
استعماله فى الأحوال المطلوب فيها تيار مستمر وكذلك مقدار
مقاومته الداخلية غير ثابت

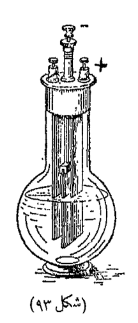
والقوة الدافعة الكهربائية للعمود = ٥ر١ ڤولت

والمقاومة الداخلية له تتوقف على مساحة الجزء المغمور من
الألواح فكلما كان الجزء المغمور من الألواح كبيرا قلت المقاومة
وأيضا تتوقف هذه المقاومة على المسافة بين اللوحين فكلما كبرت
المسافة كبرت المقاومة وأيضا تتوقف على نوع معدن العمود

(بند ٦٧) عمود بيكرومات البوتاس :— يتركب هذا العمود
من إناء زجاجى يحتوي على سائل واحد مركب من حامض
كبريتيك وماء وبيكرومات البوتاسيوم بنسبة ٢ : ١٠ : ١ وزنا
وهذا الاناء محاط من أعلاه بحزام من النحاس وبه غطاء من
الصينى مثبت في قاعدته الداخلية لوحان من الكربون وكلاهما
في اتصال باحدي طرفى الغطاء من الخارج بواسطة مادة موصلة
ويكونان الطرف الموجب

ويوجد لوح آخر من الزنك معلق بين لوحى الكربون

بواسطة قضيب من النحاس الأصفر قابل للتحرك من أعلى إلى أسفل وبالعكس كما هو مبين بشكل (٩٣) فيمكن رفع لوح الزنك من السائل عند عدم استعمال العمود



(شكل ٩٣)

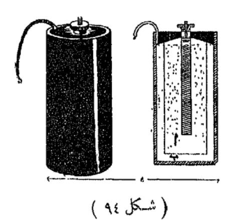
وعند استعمال العمود يخفض لوح الزنك ليغمر في المحلول فيؤثر حامض الكبريتيك على الزنك مكونا كبريتات زنك وايدروجين ثم يؤثر هذا الحمض فى بيكرومات البوتاسيوم منتجا أكسجين الذى يتحد مع الايدروجين الناشىء من التفاعل الأول ويكون ماء وبذلك يمنع الاستقطاب

والقوة الدافعة الكهربائية لهذا العمود تختلف بين ٨ر١ ، ٢ ڤولت . أما مقاومته الداخلية فتكون صغيرة إذا ازداد مقدار الحامض أو زاد سطح الكربون أو الزنك أو قرب الزنك من كل من لوحى الكربون ويكثر استعمال هذا العمود عندما يراد الحصول على تيار كبير لمدة صغيرة

ولا يستعمل بكثرة لغلاء ثمن بيكرومات البوتاسيوم

بند (٦٨) العمود الجاف : — تستعمل الأعمدة الجافة فى الدوائر الكهربائية التى لا تحتاج الى تيار كبير مثل دوائر الاجراس

والتليفونات ونظريتها جميعاهى
نظرية عمود لكلانشيه وقطبا
العمود الجاف يشبهان أيضا
قطبى عمود لكلانشيه (الكربون
والزنك) شكل (٩٤)



(شكل ٩٤)

وتركيبه الداخلى عبارة
عن لوح من الكربون (ا) يكون القطب الموجب فى وسط
عجينة سوداء من ثانى أوكسيد المنجنيز ومسحوق الكربون أو
الجرافيت مع محلول ملح النوشادر وكلورور الزنك وماء

وبداخله أيضا اناء من الزنك فى وسطه عجينة بيضاء (ب)
تفصل العجينة الأولى عن اناء الزنك وهى مكونة من مصيص
ودقيق مندى بمحلول ملح النوشادر وكلورور الزنك وبعض من
الجليسرين وتغطى هذه الطبقات بطبقة من القار (الزفت) أو
الشمع الأحمر ذات ثقب لخروج الغازات ولكى يمتص الكلور
بعضا من رطوبة الجو يصنع القطب الموجب من الكربون
والسالب من سلك ملحوم فى الاناء الزنك ويوضع هذا العمود
فى غلاف من الورق المقوى.

ومقاومته الداخلية تقرب من ½ أوهم وقوته الدافعة الكهربائية
مثل عمود لكلانشيه = ١٫٥٥ ڤولت

كيفية عمل العمود الجاف

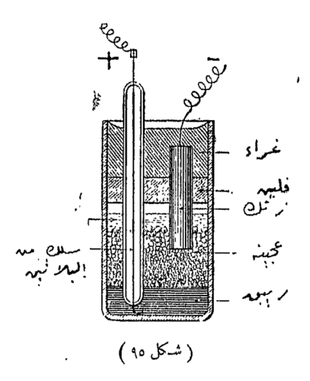
تؤخذ قطعة من لوح الزنك المعروف فى التجارة بالرقم ١٢ عرضها ٦" وطولها ٩" تقريبا ثم تلف حتى تصير اسطوانة ارتفاعها ٦" ثم يصنع القاع بقطع قطعة دائرية من الزنك قطرها ٢٫٨٦" تقريبا ويلحم الجميع معا ثم يلحم أيضا سلك رفيع فى حافة الاناء ليكون القطب السالب للعمود ثم يبطن داخل الاناء بمزيج من ملح النوشادر والجبس بنسبة ١ الى ٤ مع قليل من الماء النقى و بعض نقط من الجليسرين بطبقة ذات سمك قدرها ½ بوصة تقريبا

ثم نأخذ لوحا من فحم المعوجات (الكربون) ابعاده ½ ١" × ½ ٦" ثم يثقب فيه ثقبا صغيرا لوضع المسمار الذي يؤخذ منه القطب الموجب ثم نضعه فى اناء الزنك على قطعة عازلة مثل الخشب أو الكاوتش ثم نملأ الفراغ بمخلوط مركب من ثانى أوكسيد المنجنيز ومسحوق فحم المعوجات بنسبة ١ الى ٢ من الوزن مع قليل من الجليسرين وكلورور الزنك وملح النوشادر وماء ليجعله مبللا قليلا

بند (٦٩) عمود كلارك : هناك أشكال مختلفة لاعمدة كلارك وسنقتصر منها على شكلين مهمين :

فالمبين بشكل (٩٥) يحتوي على أنبوبة اختبار رفيعة من الزجاج يخترقها سلك من البلاتين مغمور فى زئبق يكون القطب

الموجب وفوق الزئبق عجينة مكونة من كبريتات الزئبق الممزوج



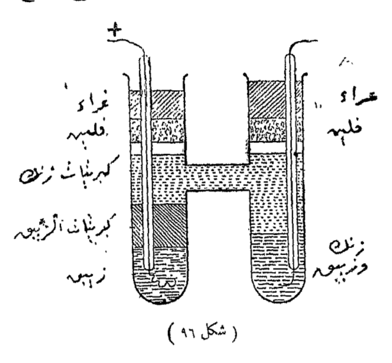
(شكل ٩٥)

بكبريتات الزئبق النقى وهـذه مغطاة بمحلول مركز من كبريتات الزنك به بلورات من كبريتات الزنك فائدتها حفظ المحلول بحالة تشبع عنـد ما يستعمل في أى درجة حرارة كانت ومغمور في كبريتات الزنك لوح من الزنك يكون القطب السالب وتغطى الانبوبة بقطعة من الفلين المغطاة بطبقة من الغراء

والمبين بشكل (٩٦) هو نوع آخر من أعمدة كلارك مميز عن النوع السابق الذكر

يحتوى على أنبوبتين اختبار متصلين ببعضهما بواسطة أنبوبة فقية وبداخل كل أنبوبة أنبوبة رفيعة من الزجاج يخترقها سلك

من البلاتين فالقطب الموجب هو زئبق موضوع في قاع احدي



(شكل ٩٦)

الانبوبتين والقطب السالب هو مجموعة من الزنك والزئبق موضوع فى قاع الأنبوبة الأخرى وفوق الزئبق معجون من بريتات الزيبق فى احدى الأنبوبتين وفوقه أيضا محلول كبريتات الزنك الذى يخترق الانبوبة الافقية و يتصل بالانبوبة الاخرى حيث يملأها

وميزة هذا النوع هو فصل محتوياته عن بعضها وثبات قوته الدافعة الكهربائية

والقوة الدافعة الكهربائية لهذا العمود ١٫٤٣٤ ڤولت عند درجة حرارة ١٥° مئينى و لا يستعمل هذا العمود فى التجارب بل يحفظ لاستعماله كعمود قانونى

(بند ٧٠) ليست الأعمدة جميعها ذات قيمة عملية كبيرة بل أغلبها له قيمة تاريخية فقط وقليل منها يستعمل الآن

مثال ذلك أعمدة كلارك فأنها تستعمل للمقارنة فى تجارب المعامل وأعمدة لكلانشيه تستعمل للأجراس ولو أن الأجراس يمكن ان يستعمل لها أجهزة خاصة تسمى محولات اذا كان التيار منعكسا أو يوضع مصباح فى دائرتها اذا كان التيار منعكسا أو مستمرا وكذلك الأعمدة الجافة لها بعض استعمالات خاصة وأحيانا تستعمل في اللاسلكى

وعيب هذه البطاريات جميعا أنها كبيرة المقاومة الداخلية وأنها تحتاج دائما الى التغير والتجديد

فالمقاومة الداخلية الكبيرة عيب نتيجته عدم إمكان أخذ تيار كبير منها

بند (٧١) البطاريات الكهربائية

البطارية الكهربائية هى مجموعة من الأعمدة الكهربائية تتصل بكيفية خاصة للحصول على تيار أقوى مما يمكن الحصول عليه من عمود واحد

والطرق المختلفة لتوصيل الأعمدة لتكوين البطارية هى كما يأتى

(أولا) التوصيل على التوالى

فى هذه الطريقة نترك القطب الموجب للعمود الاول خالصا ونوصل القطب السالب لهذا العمود الاول بالقطب الموجب للعمود الثانى بواسطة سلك من النحاس او اى موصل جيد للكهربائية ثم نوصل القطب السالب للعمود الثانى بالموجب للعمود الثالث بموصل آخر والموجب للعمود الثالث بالسالب للعمود الرابع وهكذا الى ان نصل بالتوصيل هذا الى القطب الموجب للعمود الاخير فيكون القطب السالب للعمود الاخير خالصا ايضا

من هذا يتكون لدينا مجموعة من الاعمدة تسمى البطارية قطبها الموجب هو القطب الموجب للعمود الاول وقطبها السالب هو القطب السالب للعمود الاخير فاذا وصل هذان القطبان للبطارية بأى موصل سرى التيار الكهربائى في هذا الموصل مارا بجميع الاعمدة بطريقة بسيطة

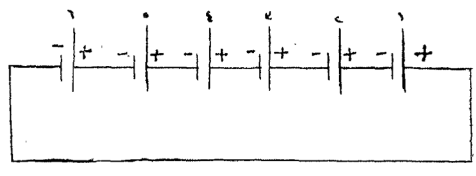
ولرسم العمود عمليا اصطلح ان يبين قطباه بمستقيمين متوازيين احدهما أقل طولا من الآخر ويبين الخط الاطول القطب الموجب والاقصر القطب السالب كما فى شكل (٩٧)

وقد يوضع أمام المستقيمين العلامتان + ، — على حسب القاعدة السابقة

فالشكل (٩٨) يبين ستة أعمدة مكونة بطارية اتصالها على التوالى كما شرحنا وأقطابها مبينة بالمستقيمات المتوازية الرأسية

القطب الموجب + | القطب السالب −

شكل (٩٧)
العمود الكهربائى



شكل (٩٨)

كما ان اسلاك التوصيل مبينة بالمستقيمات الأفقية

وقد وضعنا علامة (+) للقطب الموجب وعلامة (—) للقطب السالب وقد وصلنا هذين القطبين بسلك آخر يكون اتجاه مرور التيار به من + الى —

ولمعرفة معنى وفائدة هذا التوصيل نتصور وضع الحروف ا و ب و حـ و ى و هـ و و و ز و ع و ط و ى و ك و ل للاقطاب الأعمدة ١ و ٢ و ٣ و ٠٠٠ ٦ على الترتيب بحيث يكون القطبان ا و ل هما قطبي المجموعة الأول والأخير

فالقطب ا أعلى جهدا من القطب ب بمقدار جهد العمود الاول ولكن ب و حـ متصلان بسلك موصل فهما بجهد واحد إذن ا أعلى جهدا من حـ بمقدار جهد العمود الاول ايضا ولكن حـ أعلى جهدا من ى بمقدار جهد العمود الثانى فلهذا يكون ا أعلى جهدا من ى بمقدار مجموع جهدى العمودين الاول والثانى معا

واذا كررنا ذلك الى نصل الى القطب الاخير ل نجد ان ا أعلى جهدا من ل بمقدار من الجهد يساوى بمجموع جهود الاعمدة جميعها

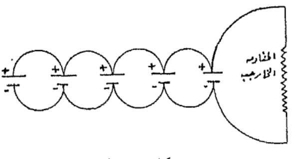
لهذا نستنتج القاعدة الهامة الآتية :ـــ

فرق الجهد بين قطبي بطارية يساوى مجموع فروق الجهد لجميع الاعمدة المكونة لها والمتصلة على التوالى

فمثلا اذا كان عدد الاعمدة ٦ كما في شكل (٩٨) وكان فرق الجهد لكل عمود منها = ٢ ڤولت كان فرق الجهد للبطارية المكونة من هذه الاعمدة الستة = ١٢ ڤولتا اذا وصلت على التوالى كما بينا

يتبع زيادة الجهد زيادة مقدار التيار المأخوذ من البطارية اذا كانت مقاومة السلك الخارجى (الدائرة الخارجية) كبيرة بالنسبة للمقاومة الداخلية للاعمدة اما اذا كانت مقاومة السلك الخارجى صغيرة بالنسبة لمقاومة الاعمدة الداخلية فلا تحصل على زيادة تذكر في مقدار التيار ولهذه الحالة الثانية يجب استعمال الطريقة الثانية وهى طريقة التوصيل على التوازي

(ثانيا) طريقة التوصيل على التوازى



شكل (٩٩)

فى هذه الطريقة توصل جميع الاقطاب الموجبة للاعمدة بسلك موصل واحد يبتدىء بالقطب الاول الموجب ثم الى القطب الثانى الموجب ثم الى الثالث وهكذا

وكذلك توصل جميع الاقطاب السالبة بسلك واحد و يكون قطبا البطارية نفسها هما اي قطب موجب وأى قطب سالب لاى عمود من المجموعة فاذا وصلنا بسلك من أي قطب موجب الى اى قطب سالب سرى التيار الكهربائى في هذا السلك من جميع الاعمدة فيوقت واحد ويكون هذا السلك الاخيرهوالدائرة الخارجية و بما ان جميع الاقطاب الموجبة تتصل جميعا بسلكواحد فهى اذن بجهد واحد وكذلك جميع الاقطاب السالبة بجهد واحد شكل (٩٩)

ولهذا يكون فرق الجهد للبطارية مساويا فقط لفرقالجهد للعمود الواحد

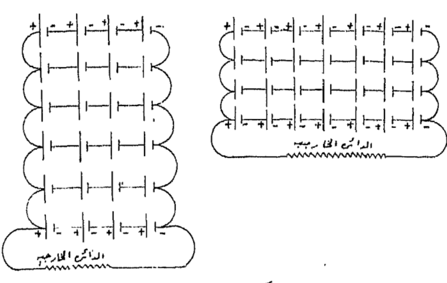
ولهذا نرى اننا لانحصل على زيادة فى فرق الجهد من هذه الطريقة ومع ذلك فان التيارالمأخوذ من البطارية في الدائرة الخارجية يكون اكبر مما يؤخذ من عمود واحد اذا كانت المقاومة للدائرة الخارجية صغيرة بالنسبة لمقاومة العمودالواحد وسنبرهن على صحة ذلكفيما بعد

فى هذه الطريقة يحسنأن تكون جميعالاعمدة ذات قوة دافعة واحدة وإلا سرت تيارات داخلية بين الاعمدةنفسها وهذهتسبب حرارة فىنفسالاعمدة ولا يستفاد منهامطلقا في الدائرة الخارجية

امافىطريقة التوصيلعلى التوالىفليسمنالضرورى ان تكون الاعمدة جميعها ذات قوة دافعة واحدة

(ثالثا) — هناك طريقةاخري للتوصيلهى جمعبين الطريقتين

نسميها التوصيل على التضاعف شكل (١٠٠) وفى هذه الطريقة



شكل (١٠٠)

نقسم الاعمدة الى عدة مجموعات و نوصل كل مجموعة وحدها على التوالى ثم نوصل المجموعات بعضهامع بعض على التوازي

فلنفرض أن هناك ٢٤ عموداً نقسم هـذه إلى ستة مجموعات تـكون الواحدة منها محتوية على أربعة أعمدة ثم نوصل الأعمدة الأربعة للمجموعة الواحدة على التوالى ونعمـل ذلك في الستة المجموعات ثم أخيرا نوصل هذه المجموعات الستة على التوازى فيكون كما فى الشكل (١٠٠) ويمكن أيضا أن نقسم هذهالأعمدة إلى ٤ مجموعات فتكون كل مجموعة منها مكونة منستة أعمدة نصل الستة الأعمدة المكونة لكل مجموعة على التوالى ثم نوصل المجموعات الأربعة بعضها مع بعض على التوازى فيكون ذلك كما في (شكل١٠٠)

وقد يمكن عمل ذلك بطرق أخرى كثيرة بقدر عدد العوامل المختلفة التى حاصل ضربها ٢٤ والتخير بين هذه الطرق المختلفة متوقف على العلاقة بين المقاومة الخارجية ومقاومة الأعمدة كما سنرى بعد

وأخيرا يجب أن نلاحظ أن التوصيل على التوالى يزيد في الجهد وأما التوصيل على التوازي يجعلنا نحصل على بطارية ألواحها أكبر سعة من العمود الواحد مع بقاء الجهد كما في العمود الواحد

أسئلة

(١) اشرح العمود البسيط واذكر عيوبه

(٢) ما السبب في استعمال خارصين (زنك) مملغم فى الاعمدة البسيطة ؟

(٣) ماتأثير الاستقطاب وكيف يمكنك بطريقة كيماوية التخلص منه ؟

(٤) اشرح كيف أمكن تلافى عيوب العمود البسيط في عمود دانيال مع ذكر مميزات هذا الأخير وأين يفضل استعماله

(٥) اشرح عمود بنزن أو جروف

(٦) صف عمود لكلانشيه وارسم له رسما متقنا واذكر لماذا يستعمل عند ما يراد الحصول على تيارات متقطعة كالتيارات اللازمة للأجراس الكهربائية

(٧) اشرح شرحا وافيا عمود بيكرومات البوتاس وما ميزته

(٨) إذا أخذت عمودين كهربائيين تركيبهما واحد وكان لوح أحدهما أكبر من الآخر ثم أدخلتهما فى دائرة واحدة بحيث كان اتجاه التيارين فيهما مختلفين فماذا تكون النتيجة ؟

(٩) اشرح العمود الجاف وكيف يمكن عمله صناعيا

(١٠) اشرح مع الرسم عمودين من أعمدة كلارك واذكر فائدتهما

(١١) ما الفرق بين القوة الدافعة الكهربائية وفرق الجهد في الأعمدة ؟

(١٢) ما الفرق بين التوصيل على التوالى وعلى التوازي للأعمدة ؟

(١٣) متى يكون التوصيل على التوالى ضروريا لأخذ تيار من البطارية أكبر مما يؤخذ من العمود الواحد ومتى يكون التوصيل على التوازي ضروريا لذلك ؟

(١٤) ماهو التوصيل على التضاعف ؟ إرسم شكلا يبين ٣٦ عمودا متصلة بهذه الكيفية بترتيبين مختلفين واذكر عدد الترتيبات المختلفة الممكنة فى هذه الحالة

الباب الثانى

للتيار الكهربائى المار بجسم ما تأثيرات مختلفة أهمها ما يأتى :

أولا — التأثيرات المغناطيسية
ثانيا — « الكيماوية
ثالثا — « الحرارية

وهناك تأثيرات أخرى مثل التأثيرات الفسيولوجية واشعة المهبط واشعة رنتجن واشعة جاما (γ) والتموجات اللاسلكية وغير ذلك مما لا يدخل في بحثنا هذا

وليس من الضرورى عند مرور التيار فى الجسم حدوث جميع هذه التأثيرات دفعة واحدة بكيفية ظاهرة بل الأمر متعلق بعوامل كثيرة منها مقدار التيار ومادة الجسم المار به هذا التيار ولفهم ذلك نفرض ان التيار الكهربائى الناشىء من عمود بسيط يمر فى سلك من النحاس مثلا فنجد أن مقدار التأثير الحرارى لا يذكر كذلك نلاحظ عدم حدوث أى تغير كيماوى فى السلك وكل ما يمكن ادراكه من التأثيرات هو التأثير المغناطيسى لأن هذا السلك اذا قرب من ابرة مغناطيسية معتادة انحرفت عن موضعها كما سنشرح ذلك الآن .

اذا اخذنا سلكين من النحاس ووصلنا أحد طرفي الأول بالقطب الموجب لبطارية وأحد طرفي الثانى بالقطب السالب ثم

أخذنا الطرفين الآخرين للسلكين وغمرناهما فى اناء به ماء نجد ان الماء يخرج منه غازات عند موضع السلكين فيه ونعلم أن هذا نتيجة تحليل الماء الى عنصريه الاكسيجين والايدروجين بفعل التيار الكهربائى ويكون التأثير الظاهر لنا في هذه التجربة هو التأثير الكيماوي وفي الوقت نفسه يوجد التأثير الحرارى لأن الماء يسخن قليلا وكذلك التأثير المغناطيسى لاننا اذا رفعنا الاناء فوق ابرة مغناطيسية انحرفت عن موضعها ولكن التأثيرين الاخيرين يكونان بدرجة بسيطة جدا

واخيرا اذا وصلنا بين القطب السالب والقطب الموجب لبطارية بسلك رفيع نجد ان هذا السلك تحدث فيه حرارة قد توصله الى درجة الاحمرار أو التوهج وربما يحترق تماما بسبب مرور التيار فيه مما يبين لنا التأثير الحرارى للتيار بشكل واضح

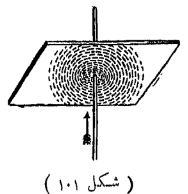
ونبدأ الآن بدراسة هذه التأثيرات

بند (٧٢)

التأثيرات المغناطيسية

تجربة (٢٧) خذ ورقة صغيرة من الورق المقوي واجعل سلكا من النحاس يخترقها فى وسطها تقريبا بحيث يكون طول السلك عموديا على سطح الورقة تقريبا ثم اجعل تيارا كهربائيا مستمرا يمر فى السلك من بطارية مثلا وبعثر فوق الورقة قليلا

من البرادة مع دقها دقا خفيفا أثناء ذلك تجد ان البرادة تترتب على سطح الورقة على شكل دوائر كما في شكل (١٠١) وتكون هذه الدوائر متحدة المركز مركزها نقطة تلاقى السلك بسطح الورقة



(شكل ١٠١)

وبما ان ترتيب البرادة يبين لنا خطوط القوة المغناطيسية فى المجال المغناطيسى لهذا نستنتج ما يأتى :

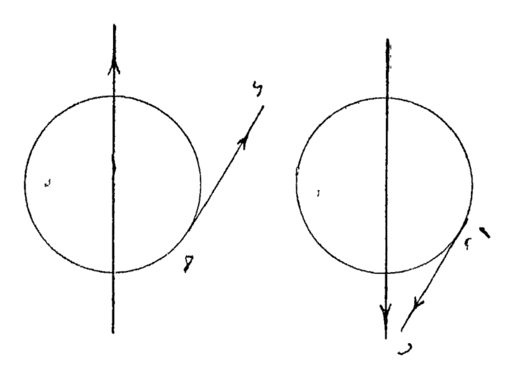
أولا — حول التيار الكهربائى يوجد مجال مغناطيسى

ثانيا — خطوط القوة المغناطيسية فى هذا المجال الناشىء من التيار الذى يمر فى سلك مستقيم تكون دوائر متحدة المركز فى مستوى عمودى على طول السلك ومركزها نقطة تلاقى المستوى بالسلك

وبما أن عدد الدوائر التى يمكن رسمها فى المستوى لا نهاية له وكذلك عدد هذه المستويات لا نهاية له أيضا لذلك نري أن جميع النقط التى فى الفراغ يظهر فيها تأثير المجال المغناطيسى الناشىء من مرور التيار وفقط يجب أن نلاحظ أنه كلما زاد بعد النقطة من السلك كانت قوة المجال المغناطيسى فى هذه النقطة صغيرة

نأخذ دائرة واحدة من هذه الدوائر التى تمثل خطوط القوة المغناطيسية (شكل ١٠٢) فنعلم من تعريف خط القوة المغناطيسية أننا إذا رسمنا مماسا لهذه الدائرة عند أى نقطة كان اتجاه هذا المماس

اتجاه القوة المغناطيسية عند هذه النقطة و يبقى علينا تعيين الاتجاه على هذا المماس



(شكل ١٠٢)

لهذا نقول إنه وجد بالتجربة أنه إذا كان التيار إلى أسفل في السلك كما فى الجزء الأيمن من الشكل كان اتجاه القوة من ا الى ب أما اذا كان التيار إلى أعلى في السلك فان اتجاه القوة يكون كما فى الجزء الأيسر من ﻫ الى ء

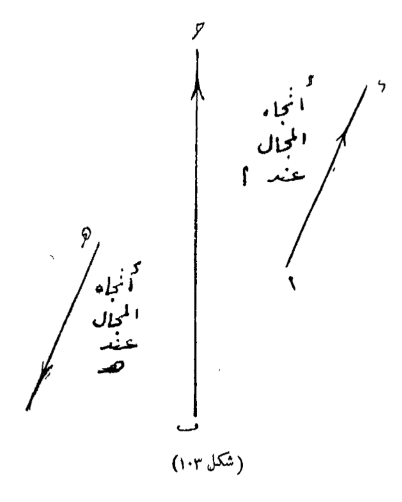
و لمعرفة الاتجاه توجد القواعد الآتية :—

(أولا) — قاعدة امبير — (ثانيا) — قاعدة اليد اليمنى (ثالثا) — قاعدة البريمة .

أولا: قاعدة امبير :

فرض العالم الشهير امبير أن هناك رجلا يعوم فوق السلك الذي يمر فيه التيار بحيث يدخل التيار من رجليه ليخرج من رأسه وبحيث يكون وجه هذا الرجل نحو النقطة ا التى يراد إيجاد اتجاه المجال عندها

فاذا مد هذا الرجل العائم يده اليسرى وهو على هذا الترتيب فان اتجاه يده اليسرى يكون اتجاه القوة المغناطيسية للمجال عند نقطة ا ففى (شكل ١٠٣) إذا فرضنا أن السلك ب ﺣ يمر فيه التيار



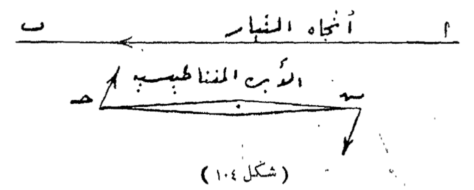
(شكل ١٠٣)

من ب الى ﮫ وأن هناك نقطة ا فى الوضع المبين بالشكل وأن السلك ب ﮫ والنقطة ا في مستوى الورقة كانت القوة المغناطيسية عند ا فى اتجاه عمودي على مستوى الورقة من أعلى إلى أسفل فى هذه الورقة والمستقيم ا ء المبين لاتجاه القوة المغناطيسية عند ا يكون إذن فى مستوي عمودي على المستوى المار بالمستقيم بـﮫ والنقطة ا

وبهذه القاعدة يمكن للطالب أن يستنتج أن اتجاه المجال عند ﻫ على يسار المستقيم ﮫ ب يكون ﻫ و بحيث أن ﻫ و يكون عمودا على المستوي ﮫ ب ﻫ ويكون ﻫ و خارجا من الورقة

نأخذ التجربة الآتية لشرح قاعدة امبير

تجربة (٢٨) خذ ابرة مغناطيسية (ابرة انحراف) و بعد أن تقف في اتجاهها الشمالى والجنوبى ضع فوقها على قرب منها سلكا من النحاس يوازي طولها مثل ا ب يمر فيه التيار من ا الى ب فتجد ان القطب الشمالى للابرة ينحرف في الاتجاه المبين بالشكل (١٠٤)



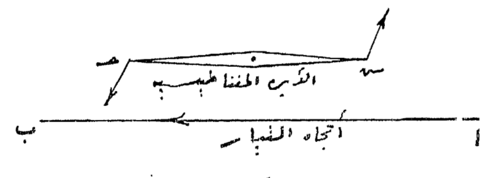
(شكل ١٠٤)

ولا ينسى الطالب أن القاعدة دائما تعطى الاتجاه الذى يتحرك فيه القطب الشمالى لاننا علمنا من تعريف القوة المغناطيسية فى

المجال عند نقطة ما فيه ان القطب الذى يفرض فى هـذه النقطة يكون دائما قطبا شماليا

ومن البديهى أن حركة القطب الجنوبى تـكون مضادة تماما لحركة القطب الشمالى

من هذا يمكننا نستنتج بسهولة الاتجاه الذى يتحرك فيه القطب الشمالى للابرة اذا كان السلك اسفلها كما في شكل (١٠٥) لأن الرجل العائم على السلك في هذه الحالة يكون وجهه الى أعلى ويده اليسري اذا مدت تـكون فى الاتجاه الذي يتحرك فيـه القطب الشمالى كما هو مبين بشكل (١٠٥)



(شكل ١٠٥)

نلاحظ مما تقدم ان اتجاه مرور التيار فى الحالتين كان من اليمين الى اليسار أى من ا الى ب وان في الحالة الأولى حركة القطب الشمالى تضاد حركة هذا القطب في الحالة الثانية

وبعبارة اخرى اذا نقل السلك من أعلى الأبرة الى اسفلها مع بقاء اتجاه التيار فيه واحـدا انعكس الاتجاه الذى ينحرف اليه الابرة

يمكن الطالب ان يستنتج الاتجاه الذى تنحرف اليه الابرة اذا انعكس اتجاه التيار فاصبح من ب الى ا فى الحالتين و يمكننا ان نجمع النتائج كما يأتى : —

اولا — التيار من الشمال الى الجنوب وفوق الابرة فينحرف القطب الشمالى الى الشرق

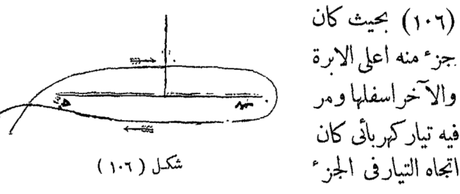
ثانيا — التيار من الشمال الى الجنوب وتحت الابرة فينحرف القطب الشمالى الى الغرب

ثالثا — التيار من الجنوب الى الشمال وفوق الابرة فينحرف القطب الشمالى الى الغرب

رابعا — التيار من الجنوب الى الشمال وتحت الابرة فينحرف القطب الشمالى الى الشرق

ليس القصد من جمع هذه النتائج استظهارها فنحن لا ننصح للطالب بذلك مطلقا وانما الواجب ان تحفظ القاعدة فقط و في كل حالة يجب ان يتصور الشكل

لذلك نري أنه اذا لف سلك حول الابرة المغناطيسية شكل (١٠٦) بحيث كان جزء منه اعلى الابرة والآخر اسفلها ومر فيه تيار كهربائى كان اتجاه التيار فى الجزء



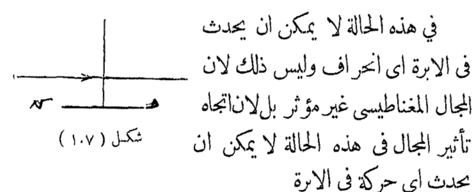
شكل (١٠٦)

الذي اعلى الابرة يضاد اتجاهه في الجزء الذى اسفل الابرة

وبهذا يكون الانحراف الحادث فى الابرة من تأثير الجزءين معا في اتجاه واحد اى ان الانحراف الناشىء من الجزءين يكون اكبر مما لو أثر اى جزء منهما على حدة على هذه الابرة

فيما تقدم ذكرنا حالتين لوضع السلك بالنسبة للابرة وهما اما فوقها او تحتها

بقى علينا الآن ان نبين ماذا يحدث للابرة لو ان السلك الذي يحمل التيار وضع موازيا لها ومعها فى مستوى افقى واحد شكل (١٠٧)



شكل (١٠٧)

في هذه الحالة لا يمكن ان يحدث فى الابرة اى انحراف وليس ذلك لان المجال المغناطيسى غير مؤثر بل لان اتجاه تأثير المجال فى هذه الحالة لا يمكن ان يحدث اى حركة فى الابرة

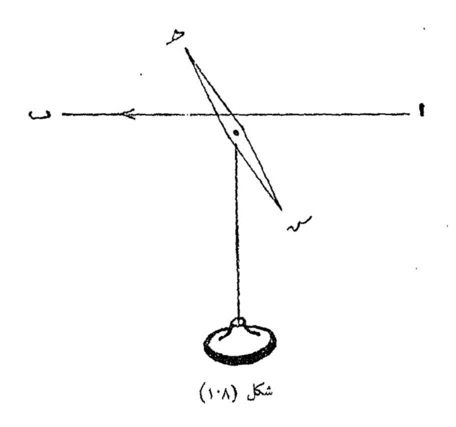
ولفهم هذا نقول ان موقع القطب الشمالى ش والمستقيم ا ب معا يعين مستويا افقيا وبما ان اتجاه القوة المغناطيسية فى المجال الحادث تؤثر عند ش فى اتجاه عمودى على المستوى فاذن يكون الاتجاه الذى يميل اليه القطب ش هو الاتجاه الرأسى (الى اعلى في هذه الحالة) وبما ان الابرة إبرة انحراف ولا يمكن الا ان تتحرك في مستوى افقى لهذا لا تتحرك مطلقا

ويمكن إثبات ذلك بالتجربة الآتية : —

تجربة (٣٩)

خذ ابره ميل وضعها بحيث يكون المستوى الرأسى التى تتحرك فيه هو مستوى خط الزوال المغناطيسى ضع بالقرب منها فى اتجاه افقى السلك ا ب الذى يحمل التيار الكهربائى كما فى شكل (١٠٨) تجد انه اذا كان السلك الى الغرب من الابرة قلت زاوية الميل التى تبينها هذه الابرة وهذا دليل على ان القطب الشمالى ارتفع الى اعلى

واما اذا وضع السلك الى الشرق من الابرة زادت زاوية الميل دلالة على ان قطبها الشمالى انخفض الى اسفل



شكل (١٠٨)

وخلاصة ما تقدم تجمع فيما يأتى :ـــ

اولا ـــ التيار المار بأي سلك يحدث حوله مجال مغناطيسى يستدل على وجوده بتأثيره على الابرة المغناطيسية لانه يسبب انحرافها

ثانيا ـــ اذا كان السلك الذي يحمل التيار مستقيما كانت خطوط القوة فى المجال حوله على شكل دوائر فى مستوى عمودي على طول السلك ومركزها على السلك

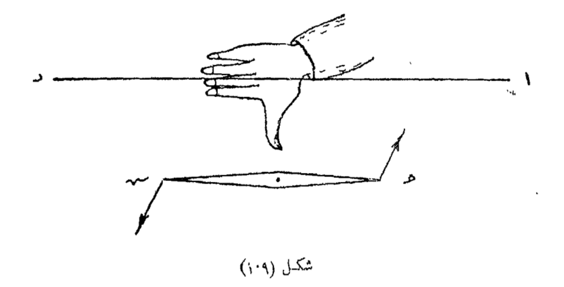
ثالثا ـــ اتجاه القوة في المجال الحادث من ذلك عند اى نقطة يكون على المستقيم المار بالنقطة وعمودا على المستوى المار بالنقطة وطول السلك المستقيم

رابعا ـــ يمكن وضع السهم لاتجاه القوة المغناطيسية بقاعدة امبير المذكورة سابقا او بأحدى الطريقتين الآتيتين

ثانيا : قاعدة اليد اليمنى

نفرض ان ا ب السلك الذى يحمل التيار وان اتجاه التيار فيه من ا الى ب ونفرض ان هذا السلك ا ب وضع فوق الابرة المغناطيسية ش هـ موازيا لها

فلمعرفة اتجاه انحراف الابرة نتصور أننا وضعنا اليد اليمنى فوق هذا السلك لكى يكون باطنها نحو الابرة وبحيث يخرج التيار من طرف الأصابع فالاتجاه الذى يشير اليه الأبهام عند مده على هذه الحالة يكون الاتجاه الذى ينحرف اليه القطب الشمالى للابرة شكل (١٠٩)

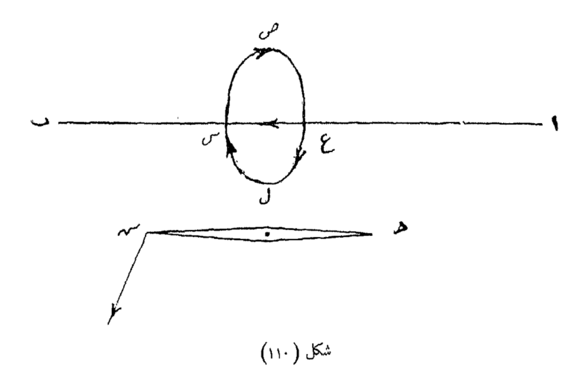


شكل (١٠٩)

ثالثا : قاعدة البريمة :

نأخذ الفرض السابق فى القاعدة السابقة ونفرض أن اتجاه التيار من ا الى ب هو اتجاه بريمة معتادة تتحرك من ا الى ب شكل (١١٠) فلكى تسير البريمة في هذا الاتجاه يجب أن تدار يدها في الاتجاه المبين على الدائرة س ص ع ل بفرض ان القوس ل س ص هو الخارج من الورقة في جهتنا من الامام والقوس ص ع ل الخارج من الورقة من الخلف

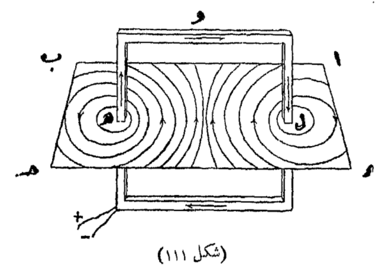
فيكون اتجاه حركة القطب الشمالى نفس اتجاه الحركة على هذه الدائرة ولذلك نجد أن القطب الشمالى يخرج من الورقة الى جهتنا



شكل (١١٠)

بند (٧٣) المجال الناشىء من تيار يمر فى سلك على شكل دائرة

تجربة (٣٠) خـذ قطعة من الورق المقوي مثل ا ب هـ ء شكل (١١١) واجعلها أفقية واجعل السلك هـ و ل الملتوي على شكل برواز يمر من الورقة عند القطبين ل ٬ هـ بحيث يكون السلك في مستوي رأسي أي فى مستوى عمودي على مستوى الورقة ثم ضع قليلا من البرادة على الورقة وامرر تيارا قويا من السلك ثم دق الورقة قليلا تجـد ان البرادة تترتب على شكل خطوط منحنية حول السلكين بحيث يكون الجزء المرتب منها حول ل يماثل الجزء المرتب حول هـ



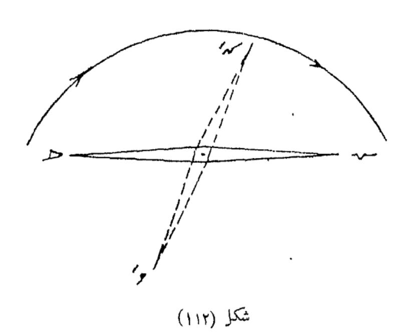
(شكل ١١١)

هذه الخطوط التى تُرتبت بها البرادة هى خطوط القوة المغناطيسية في مستوى الورقة

ولمعرفة اتجاه السهم على هذه الخطوط نضع هذا السلك والورقة معه بحيث يكون المستوى الرأسى الذى فيه السلك هو مستوى خط الزوال المغناطيسى ونضع ابرة مغناطيسية صغيرة فى مركز دائرة السلك فالجهة التى تنحرف اليها الأبرة تبين اتجاه المجال كما بينا فى البند السابق .

في هذه الحالة المبينة بشكل (١١١) ينحرف القطب الشمالى للابرة ليدخل داخل الورقة كما في شكل (١١٢) الذى فيه ش هـ وضع الابرة قبل مرور التيار و ش َهـَ وضعها بعد مرور التيار

والطريقة لمعرفة اتجاه المجال الناشىء من سلك ملفوف على شكل دائرة هى نفس الطريقة التى تستعمل للسلك المستقيم أي أننا

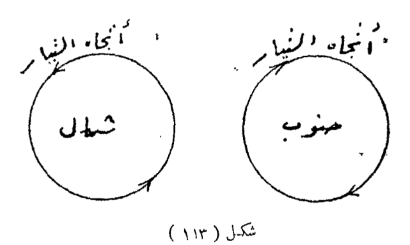


شكل (١١٢)

يمكننا أن نستعمل احدى الطرق الثلاث السابقة و لكن هناك طريقة اسهل في هذه الحالة وهى : —

اذا نظر الى السلك ووجد ان التيار المار فيه يمر في اتجاه عقارب الساعة كان المواجه لنا القطب الجنوبى والبعيد عنا القطب الشمالى

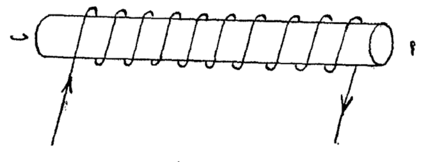
وبالعكس اذا نظر الى السلك وكان التيار في اتجاه ضدعقارب الساعة كان المواجه لنا القطب الشمالى والبعيد عنا القطب الجنوبى انظر شكل (١١٣)



شكل (١١٣)

نأخذ بعد ذلك سلكا ملفوفا عدة مرات حول اسطوانة من الحديد لتمغطسها بالتيار الكهربائى

فاذا فرضنا اذن ان سلكا لف عدة مرات في اتجاه واحد حول اسطوانة من الحديد وكانت قاعدتا الاسطوانة ا ، ب فنرى



شكل (١١٤)

ان السلك اذا نظر اليه من جهة (ا) كان التيار فيه فى اتجاه عقارب الساعة وكانت القاعدة ا من هذه الاسطوانة قطبا جنوبيا اما اذا

نظر اليه من ـ فان دوران التيار حول الاسطوانة يكون فى اتجاه مضاد لا تجاه عقارب الساعة وتكون القاعدة ـ قطبا شماليا

ولهذا نرى انه يكفى ان نبحث احدى الجهتين ليتبين احد القطبين فيكون الطرف الثانى هو القطب الآخر

يسمى السلك الذي يحمل التيار الكهربائى ويكون ملفوفا على شكل اسطوانة بالسلونيد

ويمكن اثبات ذلك بتجربة البطارية العائمة

تجربة (٣١) خذ قطعة كبيرة من الفلين وثبت فيها لوحين احدهما من الخارصين المملغم والآخر من النحاس بحيث يكون اتجاه طولها عموديا على اتجاه طول قطعة الفلين ثم وصل نقطتين فى اعلى اللوحين بسلك من النحاس ملفوفا على شكل عدة دوائر بحيث يكون محور هذا الملف موازيا قطعه الفلين ثم ضع هذا الجهاز جميعه في حوض به ماء مضاف اليه حامض الكبرتيك بنسبة ١٠ : ١ بحيث يكون مقدار السائل كافيا لكى يتحرك الجهاز خالصا فيه شكل (١١٥)

زنك — نحاس

شكل (١١٥)

فتجد ان هذا الجهاز يتحرك الى ان يأخذ وضعا يكون فيه محور اللف فى اتجاه خط الزوال المغناطيسى وذلك لان التيار فى هذا السلك جعله مغناطيسيا

و بالبحث عن اى الطرفين للف يكون جهة الشمال والآخر جهة الجنوب تطبق القاعدة السابقة

بند (٧٤) الاشارات المستعملة

اولا — اذا فرض ان ا ب حـ و سلك على شكل دائرة يحمل تيارا كهربائيا فى اتجاه عقارب الساعة فقد علمنا ان الوجه المقابل لنا هو القطب الجنوبى لهذه الدائرة ومعنى هذا اننا اذا فرضنا ان هذا السلك ملفوف حول قطعة من الحديد طولها عمودى على مستوي الدائرة فان القطب الذى امامنا يكون القطب الجنوبى بقطعة الحديد هذه

وبما ان السهم الذي يوضع على اتجاه خط القوة المغناطيسية هو اتجاه حركة القطب الشمالى في المجال اذن في هذه الحالة يكون السهم عموديا على مستوى الدائرة وداخلا في الورقة وفى هذه الحالة نرى خلف السهم فنبينه على الورقة بعلامة x

شكل (١١٦)

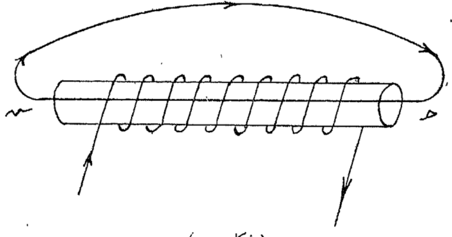
اذن علامة x تدل على الوجه الذى امامنا وجه جنوبى وان خطوط القوة الى داخل الورقة شكل (١١٦)

ثانيا — اذا فرض وكان اتجاه التيار ضد عقارب الساعة كان الوجه الذى امامنا شماليا وكانت خطوط القوة عمودية على مستوي

الدائرة وخارجة من الورقة و يكون طرف السهم نحونا و نبين هـذا على الورقة بنقط كما فى شكل (١١٧)

(شكل ١١٧)

ثالثا ــ اذا فرض ان اسطوانة من الحديد لف عليها سلك كما في شكل (١١٨)



(شكل ١١٨)

وكان اتجاه التيار اذا نظر اليه من الجهة اليمنى فى هـذا الشكل فى اتجاه عقارب الساعة كان الطرف الايمن قطبا جنوبيا واذن يكون الطرف الأيسر شماليا ويكون اتجاه خطوط القوة المغناطيسية خارج الملف من ش الى هـ وداخله من هـ الى ش كما ذكرنا سابقا ببند ٧٣

بند (٧٥) الاسلاك المتوازية

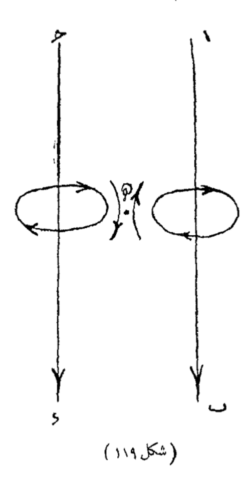
نفرض أن ا ب ، جـ د سلكان متوازيان يحملان تيار كهربائيا من ا الى ب ، من جـ الى د أي ان اتجاه التيار في السلكين

اتجاه واحد الى أسفل فنعلم ان لكل من السلكين مجالا حوله وأن المجالين لا بد ان يؤثر أحدهما على الآخر كما لو كان هناك قضيبان من المغناطيس

واتجاه خطوط القوة المغناطيسية كما فى شكل (١١٩)

فاذا فرضت نقطة مثل ﻫ بين السلكين وان بها قطبا شماليا يتأثر بالمجالين فى وقت واحد فنجد أن حركة هذا القطب الشمالى في مجال أحد السلكين ضد حركته في مجال السلك الثانى وهذا واضح من اتجاه الأسهم المرسومة بالقرب من ﻫ حسب القواعد السابقة

لذلك نرى أن المجالين متضادان ولهذا يجب أن يحصل بين السلكين تجاذب



(شكل ١١٩)

يحصل ذلك أيضا اذا كان اتجاه التيار في السلكين الى أعلى

ولكن اذا جعلنا اتجاه التيار فى أحد السلكين الى أعلى والآخر الى أسفل كانت حركة القطب الموضوع فى ﻫ واحدة بتأثير المجالين شكل (١٢٠) واذن يكون المجالان متشابهين واذن يحدث بين السلكين تنافر

من جميع ما تقدم بخصوص السلكين المتوازيين اللذين يحملان تيارا كهربائيا نستنتج القاعدة الآتية : —

السلكان المتوازيان يتجاذبان اذا كان التيار فيهما فى اتجاه واحد و يتنافران اذا كان التيار فيهما فى اتجاهين متضادين

(شكل ١٢٠)

بند (٧٦) من الشرح السابق نري أنه لادراك مرور التيار الكهربائى في سلك ما نقرب هذا السلك من ابرة مغناطيسية فاذا تحركت كان السلك يحمل تيارا كهربائيا

ولكن اذا كان التيار ضعيفا جدا وكانت الابرة ثقيلة فان حركتها قد تكون صغيرة بدرجة لا يمكن ملاحظتها ولهذا يمكن عمل جهاز خاص يمكن به مرور التيارات الضعيفة جدا في الاسلاك بتأثيرها على الابرة وهذه الاجهزة تسمى الجالڤانومترات

فالجالڤانومتر اذن جهاز يمكن به الاستدلال على وجود التيارات الضعيفة جدا وقد يستعمل لقياس مقدار التيار

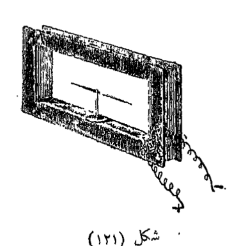
وهناك أجهزة أخرى لقياس مقادير التيارات الكبيرة التى تقدر بالأمبير أو عشرات أو مئات الآمبير أو اكثر من ذلك

وهذه تسمى أمبيرو مترات والواحد منها يسمى أمبيرو متر ومنها ما يسمى مللى أمبير وهو لقياس التيارات الصغيرة جدا التى يكون أقلها = ١/١٠٠٠ من الامبير

بند (٧٧) وللوصول الى جعل الأبرة تتأثر بالتيار الضعيف جدا وتنحرف طريقتان:

الطريقة الأولى :— لف السلك عدة مرات حول الأبرة
الطريقة الثانية :— استعمال الأبرة الاستاتيكية

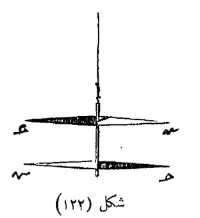
ففى الطريقة الاولى تعلق الأبرة المعتادة من مركز ثقلها تعليقا خالصا من خيط رفيع بحيث تكون أفقية او ترتكز على محور رأسى ثم يلف السلك على شكل دائرة او شكل بيضاوي عددا كبيرا من اللفات فاذا لم يمر التيار في لفات السلك اتجهت الأبرة شمالا وجنوبا بتأثير مغناطيسية الارض واذا مر التيار انحرفت مقدارا يتعلق بنسبة قوة المجال الحادث من التيار لقوة مجال المغناطيسية الأرضية . انظر شكل (١٢١)



شكل (١٢١)

والجهاز المبين بهذا الشكل هو ما يسمى الجلفانسكوب
وفى الطريقة الثانية :— تستعمل إبرة خاصة تسمى الأبر

الاستاتيكية وهى مكونة من إبرتين مغناطيسيتين متساويتين من جميع الوجوه ومتوازيتين ومتصلتين اتصالا ثابتا بمحور بينهما ولذلك اذا علقت هذه المجموعة بخيط من وسطها لكى تكون أفقية فلا يكون لمجال الارض

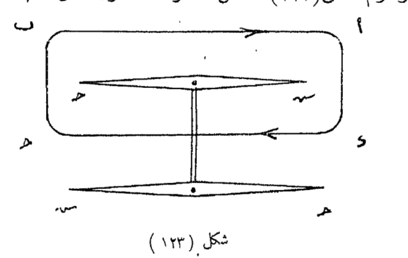


شكل (١٢٢)

تأثير عليها لان قطب الأولى الشمالى فوق قطب الثانية الجنوبى تماما أنظر شكل (١٢٢)

واذن تقف المجموعة فى اى وضع كان ثم يلف السلك حول إحداهما ويمر فيه التيار فتنحرف المجموعة للسبب الآتى :

الجزء ا ب من السلك يؤثر على الأبرتين تأثيرا مضادا ولكن لقربه من الأبرة العليا يكون تأثيره عليها أكثر وعلى حسب الوضع المرسوم شكل (١٢٣) تدخل المجموعة فى الورقة من الجهة اليمنى لها



شكل (١٢٣)

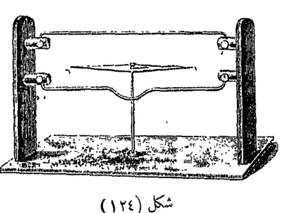
والجزء ء ى من السلك بما فيه من التيار يؤثر على الأبرتين

تأثيرا مضادا لأنه أسفل العليا وأعلى السفلى فيكون تأثيره على المجموعة صفرا اذا كان فى الوسط تماما

وإذن تكون حركة المجموعة بتأثير الجزء ا ب من السلك فقط ولكن بما ان المجال الأرضى قد أصبح تأثيره على المجموعة صغيرا لذلك تنحرف المجموعة بأي تيار قليل لأن المجال الحادث من تأثير هذا التيار الضعيف يمكن الاعتداد به بجانب تأثير المغناطيسية الأرضية الذى أصبح ضعيفا جدا

وفي الحقيقة تستعمل الطريقتان معا غالبا اى اننا نعمل السلك بلفات كثيرة جدا وفي الوقت نفسه نستعمل الأبرة الأستاتيكية

وابسط انواع الجلفانسكوب هو الذى يحتوي على أبرة مغناطيسية تتحرك فى مستوي أفقى موضوع فوقها او أسفلها سلك مستقيم ليمر فيه التيار شكل (١٢٤)



شكل (١٢٤)

والأبرة تتحرك فوق سن مدبب على قائم رأسى من الخشب متصل بقاعدة من الخشب لها قائمان جانبيان من الخشب ايضا يمتد السلك افقيا بينهما

ولاستعمال الجهاز يجب أولا ان يوضع الجهاز بحيث يكون السلك الأفقي فيه متجها شمالا وجنوبا واذن يكون موازيا للابرة

لانها متأثرة بالمغناطيسية الارضية فقط وذلك قبل مرور التيار في السلك

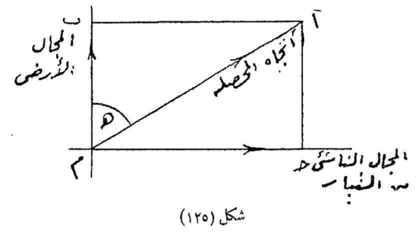
بعد ذلك نمرر التيار فى السلك فتنحرف الابرة كما بينا سابقا

والسبب فى وضع السلك في اتجاه خط الزوال المغناطيسى قبل استعمال الجهاز هو ان مرور التيار في السلك يوجد مجالا مغناطيسيا حول السلك يكون عموديا على اتجاه خط الزوال المغناطيسى ولذلك عند مرور التيار تكون الابرة متأثرة بمجالين في وقت واحد هما :ـ

اولا ـ المجال الارضى

ثانيا ـ المجال الناشىء من مرور التيار فى السلك

فتكون النتيجة اذن ان الابرة تتجه فى اتجاه محصلة القوتين المذكورتين



شكل (١٢٥)

وبما ان القوتين متعامدتان كما ذكرنا فتكون العلاقة بين

القوتين ابسط مايمكن وهى : ـ

$$\frac{\text{شدة مجال التيار}}{\text{شدة المجال الارضى}} = \frac{\text{م ح}}{\text{م ب}} = \frac{\text{م ح}}{\text{ا ح}} = \text{ظا ه}$$

بفرض ان ه هى الزاوية ا م ب التى تنحرفها الابرة عن اتجاهها الاصلى م ب قبل مرور التيار

فاذا فرضنا ان (ں) شدة المغناطيسية الارضية ؟ (و) شدة مجال التيار وأن (ه) زاوية الانحراف للابرة ينتج ان $\frac{\text{و}}{\text{ں}}$ = ظا ه

∴ و = ں ظا ه

وبما ان مقدار شدة المجال (و) تتناسب مع شدة التيار ومقدار المجال (ں) ثابت

لذلك نرى ان شدة التيار تتناسب مع ظل زاوية الانحراف وهذه النتيجة لا تكون صحيحة الا بالشروط الآتية :

أولا ـ ان يكون السلك فى اتجاه خط الزوال المغناطيسى

ثانيا ـ يجب ان يكون مقدار الانحراف الذى يحدث صغيرا لان تناسب شدة المجال مع مقدار التيار لا يكون تاما في الاوضاع المختلفة للابرة بعد انحرافها

ثالثا ـ يجب ان يكون طول الابرة صغيرا بالنسبة لطول السلك للسبب المذكور في ثانيا

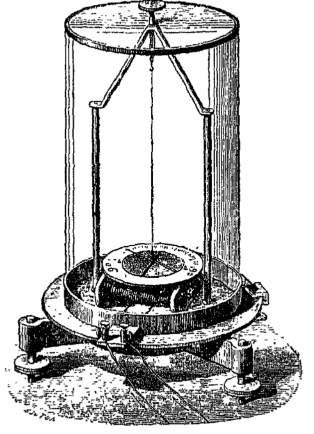
الشرط المذكور فى (أولا) يكون ضروريا لكى نستعمل القانون السابق بمعنى اننا إذا لم نجعل السلك في خط الزوال المغناطيسى لايكون استعمال القانون السابق جائزا لان المجالين لايكونان متعامدين وهذا التعامد بين المجالين هو الذي استنتجنا منه القانون ولكن الانحراف الذى يحدث للابرة من تأثير التيار في السلك يحدث دائما فى كل الأوضاع الا في وضع واحد وهو: اذا كان السلك عموديا على خط الزوال فيكون المجال الناشئ من التيار فيه موازيا لمجال الارض وفي هذه الحالة لو اجريت التجربة يحدث شئ من اثنين:

(أ) اما ان تبقى الابرة في مكانها بدون انحراف وهذا اذا كان المجالان في اتجاه واحد

(ب) واما ان تنقلب الابرة تماما اى تدور ١٨٠° بالضبط اذا كان المجالان متضادين وكان مجال التيار اقوى من مجال الارض ونترك للطالب بحث هذا نظريا وعمليا بالتجربة

بند (٧٨) ـ الجلفانومتر ذو الابرة الاستاتيكية أو الجلفانومتر الاستاتيكى

في النوع المعتاد من هذا الجهاز تستعمل القاعدتان معا لزيادة قوة المجال الحادث من التيار الضعيف اي اننا نستعمل الابرة الاستاتيكية ونلف السلك عدة مرات حولها ويتركب الجهاز كما فى شكل (١٢٦) من مجموعة أستاتيكية معلقة فى خيط من



شكل (١٢٦)

لحرير المحلول وتوجد الأبرة السفلى من المجموعة داخل إطار من الخشب ملفوف حوله ملف من السلوك النحاسية المعزولة ونهاية طرف هذا الملف تنتهى بمسمارين محويين مثبتين في قاعدة الجهاز وموضوع فوق هذا الملف تحت الابرة العليا من المجموع قرص مدرج صفر تدريجه في نهايتى قطره الموازي لاتجاه لف الاسلاك

ويقسم القرص الى أربعة اجزاء كل منها ٩٠° مبتدئة من الصفر ويوضع فوق قاعدة الجهاز ناقوس زجاجى وتحمل هذه

القاعدة على ثلاثة مسامير محوية يمكن بواسطتها جعل الجهاز افقيا

ويستعمل هذا الجهاز في مقارنة شدتى تيارين مختلفين على شرط ان لا يتجاوز انحراف الابرة ١٥°

فاذا تجاوز الانحراف عن ذلك لا تكون شدة التيار متناسبة مع زاوية انحراف الابرة

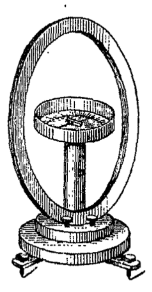
فمثلا إذا مر تيار بالجهاز بحيث انحرف ١٠° تكون شدته ضعف شدة التيار الآخر الذى لو مر به وانحرف ٥°

وعندما تكون الابرة الاستاتيكية تامة الصنع يكون اتجاهها حيثما اتفق كما لو كانت الابرتان المكونتان لها غير ممغطستين وفي هذه الحالة يكون الاتجاه الذى تأخذه الابرة عند تعليقها تعليقا خالصا هو الاتجاه الذي لا يحدث أىّ لىّ فى الخيط المعلقة منه واذن نري انه عندما يمر التيار فى السلك المحيط بها وتنحرف الابرة بتأثير المجال من هذا التيار وتكون القوة المضادة لذلك هى قوة اللى في هذا الخيط فقط وهذا يقرب جدا من الحقيقة إذ انه لو فرض وكانت الابرة غير تامة الصنع من الوجهة الاستاتيكية فان تأثير المجال الارضى عليها لا يكون شيئا بجانب قوة اللى فى الخيط

وعلى اى حال لا يلزم مطلقا وضع الملف الذي يحيط بالابرة بحيث يكون مستواه موازيا لخط الزوال بل يكفى كما قلنا ان تكون الابرة عند ابتداء التجربة بحيث لا يكون فى الخيط اى لى مطلقا

بند (٧٩) الجلڤانومتر ذو الظل : —

يتركب هذا الجهاز من إطار من الخشب على شكل دائرة رأسية يلف حوله السلك الذى يمر فيه التيار وفي وسط هذه الدائرة توضع إبرة مغناطيسية تتحرك فى مستوي أفقى على حامل رأسي يتصل بالدائرة الخشبية وبالقاعدة للجهاز. أنظر شكل (١٢٧)



شكل (١٢٧)

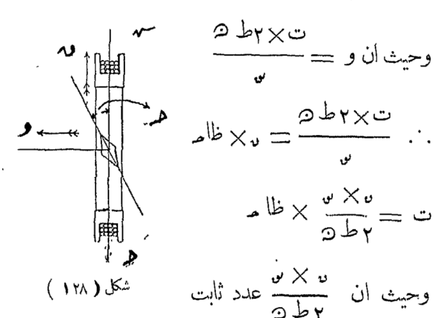
ويسمى هذا الجهاز بجلڤانومتر الظل لان ظل الزاوية التى تنحرفها الابرة يتناسب مع شدة التيار ولبرهنة ذلك نقول إنه اذا فرض ان مقدار قوة جذب الارض هى (ں) مثلا وهى مقدار ثابت وان مقدار القوة المغناطيسية للتيار الكهربائى (و) فان قيمة (و) هذه تتناسب تناسبا طرديا مع شدة التيار (ت) وايضا مع عدد اللفات (ن) اى انه كلما زادت شدة التيار (ت) زادت زاوية الانحراف كذلك كلما زاد عدد اللفات (ن) زادت زاوية الانحراف كما أنها تتناسب تناسبا عكسيا مع نصف القطر (ں) اى انه كلما كبر القطر قل الانحراف

∴ القوة المغناطيسية للتيار الكهربائى = (ت × ٢ ط ن) / ںو

فمن شكل (١٢٨) نرى ان كلا من قوة جذب الارض وقوة مغناطيسية التيار يتعادلان عندما يصنعان مع بعضهما زاوية قائمة فاذا كانت (و) متجهة نحو الغرب ، ن نحو الشمال يكون :

$$\text{ن جا هـ} = \text{و جتا هـ}$$

$$\therefore \text{و} = \text{ن} \frac{\text{جا هـ}}{\text{جتا هـ}} = \text{ن ظا هـ}$$



$$\text{وحيث ان و} = \frac{\text{ت} \times \text{٢ ط ق}}{\text{س}}$$

$$\therefore \frac{\text{ت} \times \text{٢ ط ق}}{\text{س}} = \text{ن} \times \text{ظا هـ}$$

$$\text{ت} = \frac{\text{ن} \times \text{س}}{\text{٢ ط ق}} \times \text{ظا هـ}$$

شكل (١٢٨)

$$\text{وحيث ان } \frac{\text{ن} \times \text{س}}{\text{٢ ط ق}} \text{ عدد ثابت}$$

$$\text{وان الامبير} = \frac{١}{١٠} \text{ الوحدة المغناطيسية الكهربائية.}$$

$$\therefore \text{شدة التيار بالأمبير} = \frac{١٠ \times \text{ن} \times \text{س}}{\text{٢ ط ق}} \times \text{ظا هـ}$$

$$\therefore \text{شدة التيار ت} = \text{عدد ثابت} \times \text{ظل زاوية الانحراف}$$

مثال تطبيق

اذا كانت قوة جذب الارض المؤثرة على جهاز الجلفانومتر هى ١٨ر٠ من الوحدة وان نصف قطر دائرة الملف ٥ سنتيمترات وعدد لفاته ١٠ فأوجد شدة التيار بالامبير اللازمة لجعل الجهاز ينحرف بزاوية قدرها ٤٥°

الحل

$$\therefore \text{شدة التيار بالامبير} = \frac{١٠ \times ١٨ر٠ \times ٥}{٢ \times ١٤١٦ر٣ \times ١٠} \times \text{ظا } ٤٥^\circ$$

و ظا ٤٥° = ١ صحيح

$$\therefore \text{شدة التيار بالامبير} = \frac{١٠ \times ١٨ر \times ٥}{٤ \times ١٤١٦ر٣ \times ١٠} \times ١ = ١٤٣ر٠ \text{ امبير}$$

من هذا المثال يلاحظ ان شدة التيار تساوى العدد الثابت عند ما ينحرف الجهاز زاوية قدرها ٤٥°

وحيث أن شدة التيار = عدد ثابت × ظل زاوية الانحراف

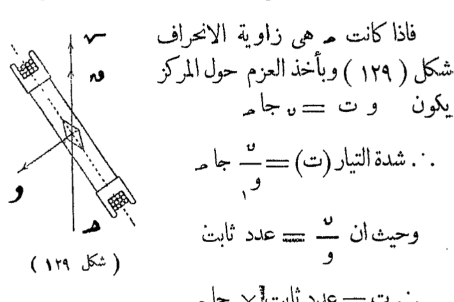
اذن شدة التيار تتناسب مع ظل زاوية الانحراف وعلى ذلك تكون النسبة بين شدتى تيارين كالنسبة بين ظلى زاويتى الانحراف

بند (٨٠) الجلفانومتر ذو الجيب

لاحظنا فى جلڤانومتر الظل انه يجب قبل البدء فى استعماله وضعه بحيث يكون مستوي الملف هو خط الزوال المغناطيسى

ولكن في جلفانومتر الجيب لا يشترط ذلك بل يكفي اننا يمكننا أن ندير الملف ليكون مستواه فى أى وضع نريد و ذلك بادارته حول محور رأسى

فعندما يمر تيار كهربائى به تنحرف الابرة فنحرك الملف بحيث يتبع الابرة حتى يصبح مستوى الملف موازيا لموضع انحرافها فيكون مقدار القوة المغناطيسية الناشئة من التيار الكهربائى (و) مؤثرة فى اتجاه عمودى على اتجاه القوة المغناطيسية الارضية



(شكل ١٢٩)

فاذا كانت هـ هى زاوية الانحراف شكل (١٢٩) وبأخذ العزم حول المركز يكون و ت = ن جا هـ

∴ شدة التيار (ت) = $\frac{\text{ن}}{\text{و}_1}$ جا هـ

وحيث ان $\frac{\text{ن}}{\text{و}}$ = عدد ثابت

∴ ت = عدد ثابت × جا هـ

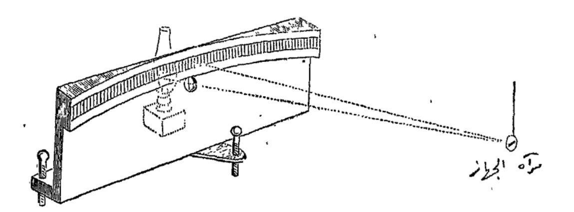
وقيمة و للملف الدائري = $\frac{\text{٢ ط ع}}{\text{س}}$

بفرض أن { ع = عدد اللفات
ط = النسبة التقريبية
س = نصف القطر }

وفى هذه الحالة تكون شدة التيار مناسبة لجيب زاوية الانحراف ويقال للجلڤانومتر اذن بجلڤانومتر الجيب

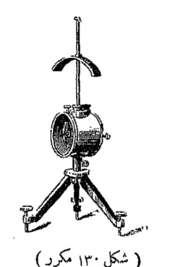
(بند ٨١) الجلفانومتر ذو المرآة :—

يمتاز هذا الجهاز بحساسيته ويتركب من ملف من السلك الرفيع الدقيق داخله الأبرة المغناطيسية مثبتة في مرآة صغيرة مستديرة ومعلقة في خيط من الحرير ويستعمل مع الجهاز مقياس مدرج محمول على حامل شكل (١٣٠) يوضع أمام مرآة الجهاز بمسافة وبأسفل المقياس ثقب يسمح لسقوط شعاع ضوئى من مصباح موضوع خلفه



(شكل ١٣٠)

فعند سقوط الشعاع على مرآة الجهاز ينعكس بحيث يسقط على صفر تدريج المقياس وذلك قبل مرور التيار



(شكل ١٣٠ مكرر)

وعند ما يمر أى تيار كهربائى بالجهاز تنحرف الأبرة و تنحرف معها المرآة وتتغير بذلك نقطة سقوط الشعاع ويمكن معرفة درجة انحراف الأبرة على المقياس

ويلاحظ هنا ان زاوية السقوط تساوى زاوية انعكاس الضوء وتكون زاوية الأنحراف هى نصف الزاوية التى نقرأها على التدريج

ويفضل استعمال المجزء مع الجلفانومتر اذا لم تكن شدة التيار ضعيفة أنظر (باب الأجهزة الكهربائية)



الباب الثالث

التأثيرات الكيميائية

بند (٨٢) اذا مر التيار الكهربائى فى محلول مركب تحلل هذا الى عناصره الاولى . وتختلف هذه المحلولات باختلاف انواعها الى موصل أو عازل أو قابل للتحليل فالمحلولات الموصلة للتيار الكهربائى هى المتكونة من المعادن المنصهرة وكذلك الزئبق ونتيجة مرور التيار الكهربائى بهذه هى رفع درجة حرارتها فقط . ومن المحلولات العازلة او الغير الموصلة للتيار الكهربائى البترول والكحول والماء النقى والكبريت المنصهر ودرجة عزل كل منها تختلف عن الآخر

اما المحلولات القابلة للتحليل فهى السوائل المركبة الجيدة التوصيل كالاملاح المذابة فى الماء او المنصهرة والحوامض

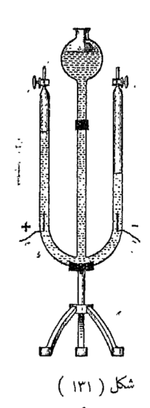
والتجربة الآتية تبين لنا تأثير مرور التيار الكهربائى فى محلول مركب قابل للتحليل

تجربة (٣٢) : تحليل الماء

بما ان الماء النقى موصل رديء للتيار الكهربائى لذلك يجب لتحليله

اضافة كمية قليلة من حامض الكبريتيك اليه

والجهاز الذى يستعمل عادة لتحليله هو المسمى جهاز (هوفمان) شكل (١٣١) وهو يتركب من أنبوبتين رأسيتين تتصلان من اسفل بأنبوبة افقية وتقفل فوهتا الانبوبتين الرأسيتين من اسفل بسدادتين محكمتين يخترقهما سلك موصل ينتهى بقطعة من البلاتين او الكربون بالقرب من قاع كل انبوبة منهما كما انهما يقفلان من اعلى بواسطة صنبورين يمكن فتحهما وقفلهما عند الحاجة



شكل (١٣١)

ويتصل بالانبوبة الافقية عند وسطها انبوبة رأسية ثالثة اكبر من الانبوبتين الرأسيتين الاخريين وتنتهى هذه الانبوبة بحوض متسع من اعلى يسع مقدار كافيا من الماء المراد تحليله

ولاجراء عملية التحليل نملأ الانبوبة الرأسية الوسطى بالماء المضاف اليه قليل من حامض الكبريتيك الى ان يشغل هذا الماء اغلب سعة الحوض الذي فى اعلاها وتكون الحنفيتان اللتان في أعلى الانبوبتين الرأسيتين مفتوحتين فيخرج قليل من الماء منهما لانخفاض سطحهما عن سطح الماء فى الحوض فى الانبوبة الوسطى فنقفل الحنفيتين ونعلم اذ ذاك ان الماء يملأ الانبوبتين الرأسيتين تماما

بعد ذلك نصل احد السلكين فى اسفل الانبوبتين الرأسيتين

بالقطب الموجب لبطارية ونصل السلك الآخر بالقطب السالب لنفس البطارية فيسرى التيار الكهربائى من البطارية داخل الماء

ونلاحظ انه في اعلى الانبوبتين الرأسيتين قد تجمع غاز يزداد حجمه باستمرار مرور التيار

واذا اختبرنا الغاز في كل من الانبوبتين نجد أن بأحداهما غاز الايدروجين وبالاخري غاز الاكسيجين كما اننا نجد ان التى بها الغاز الاول هى التى تتصل من اسفل بالقطب السالب للبطارية والتى بها غاز الاكسيجين هى التى تتصل بالقطب الموجب كما اننا نلاحظ ان حجم الغاز الاول يساوى ضعف حجم الغاز الثانى في الانبوبة

ويمكن بواسطة هذا الجهاز اجراء عمليات التحليل لسوائل اخري مثل حامض الكلوريدريك وتكون نتيجة تحليل هذا الحمض هى غاز الايدروجين وغاز الكلورين وبما ان الاخير يؤثر فى البلاتين فلذلك نستعمل الجهاز الذي به قطع الكربون كما ذكرنا سابقا

ومن المحلولات الممكن اجراء مثل هذه التجربة عليها محلول كبريتات الصوديوم ومحلول كبريتات البوتاسيوم وفى هاتين الحالتين ينتج الاكسيجين والايدروجين

كذلك يمكن اجراء ذلك لمحلول كبريتات النحاس وتكون نتيجة تحليل ذلك كما يأتى :

تجربة (٣٣) خذ اناء من الزجاج واملأه بمحلول كبريتات النحاس (نح كب ا٤) وضع به لوحين احدهما من النحاس

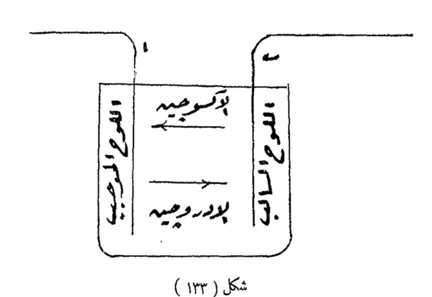
والآخر من الكربون مثلا بحيث يكون لوح النحاس متصلا بالقطب الموجب لبطارية واللوح الكربون متصلا بالقطب السالب شكل (١٣٢) ثم صل التيار الكهربائى تلاحظ بعد قليل من الزمن ان طبقة حمراء من النحاس قد تراكمت على سطح لوح الكربون ولفهم كيفية حدوث ذلك وما تقدم فى التجارب السابقة نذكر هنا نظرية التحليل

شكل (١٣٢)

بند (٨٣) نظرية التحليل

نعلم ان جميع المركبات الكيميائية هى نتيجة اتحاد عناصر مختلفة وذرات هذه العناصر بعضها مشحونا بالكهربائية الموجبة والآخر بالكهربائية السالبة

فمثلا الماء يتركب من عنصرين هما الاكسيجين والايدروجين وذرات الاكسجين الخالصة تكون مشحونة بالكهربائية السالبة وذرات الايدروجين بالكهربائية الموجبة لذلك عندما نصل قطبي البطارية بلوحين موضوعين في هذا الماء (المضاف اليه حامض الكبريتيك) يكون احد اللوحين مشحونا بالكهربائية



شكل (١٣٣)

الموجبة لاتصاله بالقطب الموجب والآخر مشحونا بالكهربائية السالبة لاتصاله بالقطب السالب فيتجه نحو اللوح الاول (الموجب) ذرات العنصر السالب بقوة التجاذب بينهما ونعلم ان هذا العنصر هو الاكسيجين وكذلك يتجه نحو اللوح السالب ذرات العنصر الثانى الموجب وهذا هو الايدروجين شكل(١٣٣)

وتكون النتيجه اذن تكوّن الاكسيجين عند اللوح الموجب والايدروجين عند اللوح السالب

وليلاحظ الطالب هنا ان عملية التحليل هذه هى نتيجة مرور التيار الكهربائى فى السائل بعكس ماذكرناه فى العمود البسيط وهو ان التفاعل الكيماوي سبب حدوث التيار ففى الحالة التى نحن بصددها الآن عملية التحليل تستعمل الطاقة الكهربائية لتحليل الاجسام

المركبة التى اذا سمح لها بالاتحاد الكيماوى ثانيا احدثت نفس الطاقة التى صرفت فى تحليلها

اما فى العمود البسيط فاننا نصرف الطاقة الكيماوية للحصول على طاقة كهربائية اى للحصول على تيار كهربائى

و في حالة تحليل كبريتات النحاس المكون من جزءين احدهما النحاس والثانى (كب ا٤) فالأول يتجه نحو القطب السالب و يغطيه بطبقة منه كما قدمنا فى التجربة (٣٣) والجزء الباقى يتجه نحو القطب الموجب الذي قلنا انه مصنوع من النحاس فيتحد معه ليكون كبريتات النحاس مرة أخرى ولهذا يبقى المحلول بلون و تركيز ثابت وغاية الأمر ان الطبقة النحاسية المكونة على الكربون المتصل بالقطب السالب تكون بقدر ما يفقد من النحاس المكون للوح الموجب

وعلى العموم يمكننا وضع القاعدة الآتية : —

عند تحليل اى محلول موصل يتراكم الغاز او الايدروجين على اللوح السالب

بند (٨٤) الأسماء التى تستعمل في التحليل

المهبط :— يطلق هذا الاسم على اللوح الذى يخرج منه التيار أى اللوح الموصل للقطب السالب للينبوع

المصعد :— يطلق على اللوح الذي يدخل به التيار في السائل أى اللوح الموصل للقطب الموجب للينبوع

السائل المتحلل : — هو السائل المركب الجيد التوصيل الذي يمر التيار الكهربائى بداخله من المصعد الى المهبط فيتحول جزء من الشغل المنصرف الى حرارة والجزء الآخر الباقى في تحليل السائل تحليلا كيماويا وبهذا تنفصل جزئيات السائل

إناء التحليل : — هو إناء يوضع به المحلول و ينغمس فيه المصعد والمهبط و يصنع اما من الزجاج او الخشب

الأقطاب : — المهبط والمصعد المنغمسان في السائل المتحلل يكونان قطبي الفولتامتر المخصص للتحليل ويتوقف نوع مادة هذين القطبين في الأحوال العملية على نوع المحلول

فقد يكونان من الفضة أو النحاس أو الرصاص أو القصدير أو غير ذلك

بند (٨٥) قوانين التحليل

وضع فراداي القانونين الآتيين للتحليل : —

(القانون الأول) — مقدار الوزن الذى يتحلل في زمن ما يتناسب تناسبا طرديا مع مقدار كمية الكهرباء التى تمر في هذا الزمن

نفرض ان و = الوزن المتحلل بالجرام

" ك = كمية الكهرباء

ينتج أن و ∝ ك

ولكن كمية الكهرباء ك = ت × ه

بفرض ان ت = شدة التيار و ه الزمن

∴ و ∝ ت × ه

او بعبارة اخري

و = ز × ت × ه

بفرض ان ز مقدار ثابت

ولايجاد مقدار هذا الثابت نفرض أن التيار = الوحده وان ه = ثانيه واحدة أي أن كمية الكهرباء التى احدثت التحليل هى الوحدة أى الكولومب

∴ و = ز × ١ × ١

∴ و = ز

نرى من ذلك اذن ان ز هى الوزن الذى يتحلل بوحدة كمية الكهرباء

يسمى هذا المقدار (ز) المكافىء الكيميائى الكهربائى

تعريف — المكافيء الكيميائى الكهربائى لاى مادة هو المقدار الذى يتحلل من هذه المادة بواسطة التيار الكهربائى اذا كان مقدار الكمية المستعملة فى التحليل هى (الكولومب)

هذا المقدار (ز) يتغير بتغيير نوع العنصر المتحلل ومن هذا استنتج (القانون الثانى) : اذا مر تيار كهربائى واحد فى عدة محلولات لزمن واحد فان مقدار ما يتحلل منها يتناسب مع مقدار (الوزن المكافيء) لكل منها

فاذا فرض مثلا ان تيارا كهربائيا يمر في ثلاثة أوان بأحدها الماء وبالثانى كبريتات النحاس وبالثالث حامض الكلور يدريك مثلا نجد انه أذا تحلل جرام واحد من الايدروجين فى الاول تحلل ٥ر٣١ جرام من النحاس في الثانى وتحلل ١٨ر٣٥ جرام من الكلور فى الثالث

لهذا تكون النسبة بين الوزن المكافىء للعناصر الثلاثة المذكورة هى نسبة الأعداد ١ : ٥ر٣١ : ١٨ر٣٥ ولهذا اذا عرف مقدار احدها امكن ايجاد المقادير الاخرى

والجدول الآتى يعطى هذه المقادير لبعض العناصر المستعملة كثيرا في التحليل

العنصر	المكافئ الكيمائى الكهربائى جرام لكل كولومب	ملليجرام لكل أمبير ثانية	جرام لكل أمبير ساعة	باوند لكل أمبير ساعة	أمبير — ساعة لكل باوند
الموجبة التكهرب					
الايدروجين (يد)	ر٠٠٠٠١٠٣٨٤	ر٠١٠٥	٠ر٠٣٧٥	ر٠٠٠٠٨٣	١٢٠٠٠
الصوديوم (ص)	ر٠٠٠٢٣٨٨	ر٢٣٨٤	ر٨٥٨	ر٠٠١٩	٥٢٩
الفضة (ف)	ر٠٠١١١٨	١ر١١٨٣	٤ر٠٣	ر٠٠٨٩	١١٣
النحاس (نح)					
نحاسيك	ر٠٠٠٣٢٨١	ر٣٢٩٥	١ر١٩	ر٠٠٢٦	٣٨٣
نحاسوز	ر٠٠٠٦٥٦٢	ر٦٥٨٩	٢ر٣٧	ر٠٠٥٢	١٩١
الزئبق (ز)					
زئبقيك	ر٠٠١٠٣٧٤	١ر٠٣٩	٣ر٧٣	ر٠٠٨٢	١٢٢
زئبقوز	ر٠٠٢٠٧٨٤	٢ر٠٧٩	٧ر٤٨	ر٠١٦٤	٦١
حديد (ح)					
حديدوز	ر٠٠٠٢٩٠٢	ر٢٨٩٤	١ر٠٤	ر٠٠٢٣	٤٣٥
حديديك	ر٠٠٠١٩٣٥	ر١٩٣	٠ر٦٩٥	ر٠٠١٥٤	٦٥٠
النيكل (نى)	ر٠٠٠٣٠٤٣	٠ر٣٠٤١	١ر١	ر٠٠٢٤	٤١٥
الخارصين (خ)	ر٠٠٠٣٣٦٩	٠ر٣٣٨٨	١ر٢٢	ر٠٠٢٧	٣٧٢
الرصاص (ر)	ر٠٠٠١٠٦١٦	١ر٠٧٤	٣ر٨٦	ر٠٠٨٥	١١٨
السالبة التكهرب					
الاوكسجين (ا)	ر٠٠٠٠٨٢٩	ر٠٨٢٩	٠ر٢٩٨	ر٠٠٠٦٦	١٥٠٠٠
الكلور (كل)	ر٠٠٠٣٦٧	٠ر٣٦٧٦	١ر٣٢	ر٠٠٢٩	٣٤٣
النتروجين (ن)	ر٠٠٠٠٤٨٤				
اليود	ر٠٠١٣١٤				

بند (٨٦) بعض تعاريف ومبادئ أولية

الذرة :— هى عبارة عن أقل كمية للعنصر يمكن أن تتحد مع العناصر الأخري

الجزيء :— هو عبارة عن أقل كمية للمادة يمكن وجودها منفصلة

الوزن الذري :— لأي عنصر عبارة عن نسبة وزن الذرة منه الى وزن الذرة من الايدروجين التى اعتبرت وحدة

المكافئ الذري :— لأي معدن هو عبارة عن ذرات الايدروجين التى يمكن أن يحل محلها فى جسم مركب ذرة واحدة من المعدن

الوزن المكافئ :— لأى عنصر عبارة عن النسبة بين الوزن الذرى والمكافئ الذرى

$$\therefore \text{الوزن المكافئ} = \frac{\text{الوزن الذري}}{\text{المكافئ الذري}}$$

(بند ٨٧) القوة الدافعة الكهربائية المضادة

نأخذ أبسط الأمثلة للتحليل وهو تحليل الماء بواسطة التيار الكهربائى . قلنا إنه اذا كان اللوح ا هو الموجب شكل (١٣٣) ، ب هو السالب تحلل الماء الى أكسجين يتجه الى اللوح ا والى ايدروجين يتجه الى ب وبعد قليل من الزمن نري أن هذين

الغازين قد غطيا هذين اللوحين بالترتيب المذكور ويصعدان من خلال السائل

وبديهى أن الأكسجين عليه شحنة سالبة لاتجاهه نحو اللوح الموجب

كما ان الايدروجين عليه شحنة موجبة لاتجاهه نحو اللوح السالب

وعند تغطية اللوحين بهذين الغازين تتكون قوة دافعة كهربائية من ذرات الايدرجين الى الاكسجين فى خلال السائل حسب القاعدة العامة لسريان التيار الكهربائى

وهذه القوة الدافعة بين الاكسجين والايدروجين تقدر بنحو (١) فولت وليس من الضرورى ان تغطى الالواح بطبقة من الغازين قبل وجود هذه القوة الدافعة بل يكفى تحليل جزىء واحد من الماء الى أكسجين وأيدروجين لتوجد هذه القوة الدافعة

وبما أنه ظاهر من الشكل ان هذه القوة الدافعة التى تنشأ من التحليل تسري من اللوح السالب الى اللوح الموجب داخل السائل إذن تكون مضادة لاتجاه القوة الدافعة الاصلية المسببة للتحليل وتكون النتيجة أنه لا يمكن تحليل الماء بجهد اقل من ڤولت واحد

هذا المقدار هو ما نسميه القوة الدافعة المضادة في التحليل

تعريف : — القوة الدافعة المضادة في التحليل هى فرق الجهد الذي يوجد بين جزيئات الجسم أثناء تحليله بالتيار الكهربائى وتؤثر في اتجاه مضاد لفرق الجهد المسبب للتحليل

ستأتى حالات أخرى فيها قوة دافعة مضادة أخري سنذكرها عند الكلام عن المحركات الكهربائية

وليس من الضرورى أن توجد هذه القوة الدافعة المضادة فى جميع أحوال التحليل فمثلا عند تحليل كبريتات النحاس يتراكم النحاس على اللوح المستعمل قطبا سالبا في الجهاز والجزء الآخر (كب ا٤) يبقى في السائل ويجعل المحلول أقل تركيزا مما كان قبل التحليل اذا كان اللوح المستعمل قطبا موجبا ليس من معدن النحاس

ولهذا يتحلل كبريتات النحاس بأي جهد مهما صغر مقداره وغاية الأمر أنه اذا قل الجهد قل التيار لأن المقاومة ثابتة تقريبا واذن تكون نتيجة ذلك بطء عملية التحليل نفسها ولكن لا تقف مطلقا

بند (٨٨) الطلاء بالتيار الكهربائى (النكلشة)

تتأسس عملية الطلاء على نظرية التحليل بالتيار الكهربائى فانه عند مايمر تيار كهربائى في محلول معدنى فانه يحلل هذا المحلول الى عناصره ويرسب معدنه على اللوح السالب

لذلك ترى أن جميع الأوانى أو القطع المعدنية المراد نكلشتها أى تغطيتها بطبقة من معدن آخر أرقى من معدنها توضع كقطب سالب في إناء التحليل

وقبل إجراء عملية النكلشة يجب أن يجري عليها العمليات الآتية : —

(اولا) — عملية التنظيف

تنظف الأوعية المراد طلاؤها بالاحجار الدائرية المتحركة من محور رئيسي والمصنوعة من الرمل تحت تأثير ضغط لتمحى الأجزاء الصغيرة الخارجة عن المعدن المسماة بالرايش ثم بعدذلك تنظف وتنعم بالسنفرة والفرش السلكية

فاذا كانت هذه الأواني مصنوعة من معدن الحديد فانها تنظف كيماويا بغمسها مدة من الزمن في محلول حامض الكبريتيك المخفف بنسبة ٣ ٪ وبعد ذلك تنظف وتلمع بالسنفرة والفرش السلكية

وللطلاء بالنيكل يجب مرور الأوعية في محلول مكون من ٣ أوقيات من سيانور البوتاسيوم لكل جالون ماء وبعد ذلك توضع في محلول حامض الكبريتيك اوحامض النتريك المخفف بنسبة ٥ ٪

وكثيرا ما تستعمل لسرعة العمل ومتانة الشغل وتحسين رونقه طريقة اعطاء الأوعية غشاء رفيعا من الزئبق خصوصا في الطلاء بالفضة وذلك بغمسها في محلول محتو على أوقية من كلورور الزئبق لكل جالون ماء

(ثانيا) - عملية إزالة المواد الدهنية

بعد اجراء عملية التنظيف الأولى تغلى الاوعية فى محلول قلوى قوى مثل البوتاسا الكاوية أو ماء الجير لأزالة المواد الدهنية والبقع التى قد تكون عالقة بها

وتغسل اخيرا بالماء الجاري البارد جيدا لأزالة القلويات

بند (٨٩) محاليل المعادن المراد نكلشتها

الأواني المراد نكلشتها توضع في اناء التحليل كقطب سالب والمحلول يجب ان يكون مكونا من محلول المعدن المراد النكلشة به كذلك يجب ان يكون القطب الموجب مصنوعا من معدن المحلول أي من المعدن المراد النكلشة به

محلول الفضة :ـ يحتوى المحلول على سيانور الفضة مذابا فى سيانور البوتاسيوم ويكون تجهيزه كيماويا بطريقة أفضل بأضافة سيانور البوتاسيوم على نترات الفضة حتى يبطل هبوط الراسب ويؤخذ الراسب ويذاب في كثير من سيانور البوتاسيوم ويخفف بالماء حتى يحتوى المحلول على أوقيتين من الفضة لكل جالون

ويلاحظ عند طلاء الصلب أو الحديد بالفضة انه يجب أولا تغطيتها بطبقة رفيعة من النحاس الأحمر وللحصول على طبقة لامعة جيدة نغمسها في محلول ضعيف من نترات الزئبق

محلول الذهب :ـ يحتوى المحلول على سيانور الذهب وسيانور البوتاسيوم ويجب ان تكون درجة حرارة المحلول ثابتة وتكون حوالى ١٥٠°ف

محلول النحاس :ـ يتركب المحلول من ٥٠٠ جرام كبريتات نحاس ٪ ٥٠٠ جرام حامض كبريتيك ٪ ٤ر٥ لتر ماء وهذه أضبط النسب

محلول النيكل : ـ المحلول المستعمل هو كلورور النيكل النوشادرى ويمكن الحصول على سطح لامع بأضافة جلاتين للمحلول ولطلاء معدن الحديد بالنيكل يستعمل المحلول المركب من ٤٠ جزءا من كبريتات النيكل النوشادرية ؟ ٦ اجزاء كبريتات النوشادر الى ١٠٠٠ جزء ماء ولو انه يمكن استعمال نسب اخرى الا ان النسب المذكورة هى الأضبط

ملحوظة : ـ يمكن نكلشة المواد العازلة كالتماثيل الجبسية أو الخشبية وذلك بتغطيتها بطبقة من الورنيش وفوقها طبقة من الجرافيت ليصير سطحها موصلا للكهربائية ثم تجري عليها عملية النكلشة المطلوبة

والجدول الآتى يبين التيارات المناسبة لتغطية المعادن المختلفة وهو يفيد جدا في الأحوال العملية حتى يستعمل التيار القانونى تبعا لاختلاف سطحه ونوع مادته ويبين كذلك الضغط اللازم استعماله فى كل حالة

العناصر	أمبير لكل ديسمتر مربع من سطح المهبط	أمبير لكل بوصة مربعة من سطح المهبط	الفولت المستعمل
نيكل	من ١ر٤ الى ١ر٥	من ر٠٩ الى ٠ر١	٥
نحاس أصفر	« ٠ر٥ « ٠ر٨	« ٠ر٣ « ٠ر٥	من ٣ر٠ الى ٤
الذهب	٠ر١	ر٠٠٦	« ٠ر٥ « ٤
خارصين	« ٠ر٣ « ٠ر٦	« ر٠٢ « ر٠٤	« ٢ر٥ « ٣
نحاس أحمر	« ١ « ١ر٥	« ر٠٦٥ « ٠ر١	« ٠ر٥ ١ر٥
الفضة	« ٠ر٢ « ٠ر٥	« ر٠١٥ « ر٠٣	« ٠ر٧٥ « ١
حديد	٠ر٥	« ر٠٣	١

امثلة تطبيقية

(١) ما وزن الفضة المتحللة فى مدة ١٥ دقيقة من مرور تيار شدته ١ر٥ أمبر

الحـــل

الوزن بالجرام = المكافىء الكيماوي الكهربائى × شدة التيار × زمن المرور بالثوانى

= ر٠٠١١١٨ × ١ر٥ × ١٥ × ٦٠

= ١ر٥١ جرام

(٢) ما شدة التيار اللازمة لتحليل ٩٦ جرام من النحاس مدة ٣ ساعات

$$\text{شدة التيار} = \frac{\text{الوزن بالجرام}}{\text{المكافئ الكيماوي الكهربائي} \times \text{زمن المرور بالثانية}}$$

$$= \frac{٩٦}{٠٫٠٠٠٣٢٨١ \times (٣ \times ٦٠ \times ٦٠)} = ٢٧ \text{ أمبيرا}$$

(٣) ما هو الزمن اللازم لرسوب ١٥ جراما من الفضة بواسطة تيار شدته ٢ أمبير

$$\text{الزمن اللازم} = \frac{١٥}{٠٫٠٠١١١٨ \times ٢} = \frac{١٥}{٠٫٠٠٢٢٣٤}$$

$$= ٦٧٣٠ \text{ ثانيه}$$

$$= \frac{٦٧٣٠}{٦٠} = ١١٢\tfrac{١}{٦} \text{ دقيقة}$$

$$= \frac{٦٧٣}{٦ \times ٦٠} = \frac{٦٧٣}{٣٦٠} = ١٫٨٧ \text{ ساعة}$$

$$= ١ \text{ ساعة و } ٥٢ \text{ دقيقة و } ١٢ \text{ ثانية}$$



الباب الرابع

الوحدات الكهربائية وقانون أوهم

الوحدات المستعملة فى الكهرباء

بند (٩٠) - نعلم من دروس الكهرباء الاستاتيكية ان الكهرباء نوعان موجبة وسالبة وأن النوعين المتحدين يتنافران والمتضادين يتجاذبان

وتتعلق قوة الجذب بين الجسمين المتكهربين بمقدار الشحنة على كل منهما والمسافة بينهما وتقدر وحدة الشحنات الكهربائية بأنها هى كمية الكهرباء التى لو وضعت على مسافة سنتيمتر واحد من شحنة تساويها كان مقدار القوة بينهما تساوى وحدة القوات العلمية أي تساوي الداين والداين $= \frac{١}{٩٨١}$ من وزن الجرام فمثلا اذا فرض ان كلا من ا ، ب شكل (١٣٤) كرتان صغيرتان مشحونتان بالكهربائية بكميتين متساويتين وأنهما يبعدان احداهما عن الأخرى مسافة

شكل (١٣٤)

سنتيمتر واحد وفرضنا أننا قسنا مقدار القوة بينهما جذبا أو تنافرا فوجدنا ان مقدار هذه القوة هي الداين قلنا ان كمية الكهرباء الموجودة على كل منهما هى وحدة الكميات

هذه هي وحدة الكهربائية الاستاتيكية وليس لها اسم خاص

وهناك وحدة أخرى علمية أيضا فى الكهربائية الديناميكية ومقدارها يعادل ٣ × ١٠^١٠ مرات من مقدار الوحدة الأستاتيكية وليس لهذه الوحدة أيضا اسم خاص بها

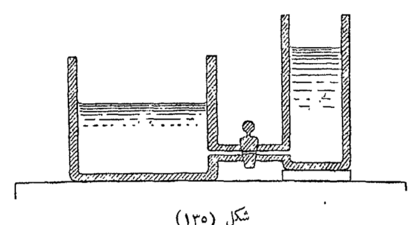
وأخيرا هناك وحدة ثالثة لكمية الكهرباء وهى الوحدة العملية وتسمى الكولومب وتساوي ١/١٠ من الوحدة الديناميكية او ٣ × ١٠^٩ مرات الوحدة الأستاتيكية

بند (٩١) كمية الكهرباء تماثل كمية الماء او تماثل كمية الحرارة (١)

ومن هذا التماثل يمكننا ان نستنتج وحدات اخرى داخلة فى علم الكهرباء فمثلا اذا وضعت كميتان من الماء في اناءين وكان ارتفاع الماء فيهما مختلفا ثم وصل الاناءان يتحول الماء من الأناء الذي سطحه اعلى الى الاناء الآخر أنظر شكل (١٣٥)

---

(١) ليست كمية الحرارة مماثلة تماما لكمية الكهرباء لان كمية الحرارة عبارة عن كمية من الطاقة اما الطاقة فى الكهرباء فهى حاصل ضرب كمية الكهرباء فى القوة الدافعة وهذا هو نفس الخطأ الذى وقع فيه العالم الفرنسى الشهير (كارنوت) حينما كتب اولا عن دوائر الآلات الحرارية ولو أنه لاحظ ذلك فى آخر أيامه



شكل (١٣٥)

بقطع النظر عن مقدار كمية الماء فى كل منهما

وكذلك اذا التصق جسمان أحدهما بالآخر وكان أحدهما مختلفا عن الآخر فى درجة الحرارة سرت الحرارة من الجسم الأكثر ارتفاعا فى الدرجة الى الآخر

كذلك في الاجسام المتكهربة اذا وصل احدهما بالآخر بواسطة جسم يوصل الكهرباء سرت الكهربائية من أحدهما الى الى الآخر تبعا لما نسميه الجهد فى كل منهما فالذى تسرى منه الكهربائية يكون جهده أكبر والذى تسرى اليه الكهربائية يكون جهده أقل .

فالجهد الكهربائى اذن حالة في الجسم المتكهرب تبين اي الجسمين تسرى الكهربائية منه الى الآخر اذا اتصل احدهما بالآخر . نفرض مثلا أننا شحنا كرة صغيرة (أ) شكل (١٣٦) بمقدار من الكهربائية وأخرى (ب) بمقدار آخر

أ ب

شكل (١٣٦)

من الكهربائية ثم وصلناهما بسلك من النحاس او اى جسم موصل للكهربائية فاذا وجدنا عند التوصيل ان الكهربائية سرت من (ا) الى (ب) قلنا ان (ا) أكبر جهدا من (ب) كما فى حالة الماء والحرارة

وليس هناك علاقة بين الجهد والكمية اي ان الجسم الذى جهده اكبر قد تكون كمية الكهربائية عليه اقل او العكس

بند (٩٢) التيار الكهربائى :—

تعرف شدة التيار الكهربائى الذى يمر فى سلك من النحاس او أى جسم موصل بمقدار كمية الكهرباء التى تمر فى كل ثانية أو بعبارة أخري مقدار شدة التيار أو كما يقال غالبا مقدار التيار هو خارج قسمة الكمية على الزمن

وتسمى الوحدة العملية للتيار (الامبير) وهى شدة التيار الذي ينشأ من مرور كمية من الكهرباء قدرها كولومب واحد فى كل ثانية

وبالرموز اذا فرضنا ان ش كمية الكهرباء ، ن الزمن ، ت شدة التيار ينتج ان $ت = \frac{ش}{ن}$

ووحدة التيار العلمية في الكهرباء الديناميكية = ١٠ أمبير

بند (٩٣)

لتقدير الجهد وتعريف وحدته تعريفا صحيحا نحتاج الى الشرح الآتى :—

في علم الميكانيكا الابتدائية نعلم ان الشغل هو حاصل ضرب القوة فى المسافة فاذا أثرت قوة قدرها (ق) من وحدات القوة (داينات) مسافة قدرها (س) من وحدات المسافة (سنتيمترات) كان مقدار الشغل الذى يعمل مساويا ق × س من وحدات الشغل اي يساوى ق × س (أرجا)

فاذا فرضنا ان (ا) جسم متكهرب مشحون بكمية من الكهرباء قدرها (ك) شكل (١٣٧) ثم اردنا ان نجعل الشحنة التى عليه ك + ١ من وحدات الشحنات او بعبارة أخرى اذا أردنا ان نزيد شحنته

شكل (١٣٧)

بمقدار وحدة الشحنات فأننا نضطر لعمل شغل لان أحضار هذه الوحدة من وحدات الكمية اليه يجعلنا نعمل شغلا ضد قوة التنافر لوجود شحنة عليه تنفر وحدة الشحنات التى نريد اضافتها له ومقدار ما يعمل من الشغل فى أحضار وحدة الشحنات هذه هو ما نسميه جهد هذا الجسم

فاذا كان مقدار الشغل الذي يعمل يساوى (ﻫ) أرجا فأن جهد هذا الجسم (ا) هو ﻫ من وحدات الجهد

وبالاختصار يمكننا ان نعرف جهد الجسم المتكهرب أنه مساو لمقدار الشغل بالارجات الذى يعمل في أحضار وحدة كميات الكهرباء من مسافة لانهاية لهاالى ان نصل الى هذا الجسم

والسبب في أننا نقيس الشغل ابتداء من مسافة لانهاية لها في البعد هو أننا نريد ان نبتدئ من نقطة لايكون فيها اى تأثير من حيث القوة على وحدات الشحنات التى نريد استخصارها لان الفرض النظرى ان قوة التنافر تكون صفرا فقط عند ما تكون المسافة لا نهائية في البعد

(بند ٩٤) وليس الجهد خاصا بالجسم المتكهرب نفسه بل هو حالة توجد في جميع النقط في مجال هذا الجسم فمثلا اذا فرضنا ان جسما متكهربا مثل (ا) شكل (١٣٨) وهناك نقطة مثل (ب) مثلا قريبة من هذا الجسم فاننا نعلم أن اى جسم آخر متكهرب يوضع عند ب يكون له قوة جذب أو تنافر بالنسبة لوجود الجسم (ا) وكذلك عند أي نقطة أخري حـ

(شكل ١٣٨)

والنقط ب ، ج وغيرها من النقط التى يظهر فيها تأثير كهربائية (ا) تسمى نقطا فى مجال الجسم (ا)

فالجسم المتكهرب مثل(ا) له مجال كهربائى يسمى في هذه الحالة المجال الكهربائى الاستاتيكى وهذا المجال هو المنطقة التى يظهر فيها تأثير الكهربائية التى على (ا)

ومن الواضح أيضا أنه اذا كانت(حـ) أقرب الى الجسم (ا) من النقطة (ب) فان قوة التأثير عند (حـ) تكون اكبر منها عند (ب)

ولذلك اذا فرضنا ان وحدة الشحنات احضرت من مسافة لا نهائية الى (ب) فان مقدار الشغل الذي يعمل فى احضارها يكون أقل مما لو احضرت الى (حـ) وأقل أيضا مما لو احضرت الى (ا) أذن مقدار الجهد عند سطح الجسم المتكهرب هو اكبر مقدار للجهد فى مجال هذا الجسم و يقل هذا الجهد تدريجيا عند ما نبعد عن هذا الجسم

لذلك اذا رمزنا بالحرف حـ$_١$ للجهد عند ب وبالحرف حـ$_٢$ للجهد عند حـ كان حـ$_٢$ $>$ حـ$_١$ ويسمى المقدار حـ$_٢$ — حـ$_١$ فرق الجهد بين النقطتين ب و حـ

بند (٩٥) وحدة الجهد أو فرق الجهد : — يكون جهد الجسم هو الوحدة اذا كان مقدار الشغل الذي يعمل على وحدة الكهربائية اذا أحضرت من مسافة لا نهائية فى البعد الى هذا الجسم هو وحدة الشغل أي يساوى أرجا كذلك يكون فرق الجهد بين نقطتين ا و ب هو الوحدة اذا كان مقدار الشغل الذى يعمل فى نقل وحدة الكهربائية من إحداهما الى الاخري يساوي أرجا واحدا

والوحدة العملية للجهد هى الفولت

ومقدار الڤولت = $\frac{١}{٣٠٠}$ من الوحدة الاستاتيكية

وهناك وحدة أخرى للكهرباء الديناميكية أو الالكترومغناطيسية

مقدارها = $\frac{1}{3\times 10^{10}}$ من الوحدة الاستاتيكية = $\frac{1}{10^{8}}$ من الفولت

بند (٩٦) السعة الكهربائية :— قلنا فى بند (٩١) إن كمية الكهرباء تشابه كمية الماء أو كمية الحرارة وأن الجهد يشابه ارتفاع سطح الماء أو درجة الحرارة

شكل (١٣٩)

عند تساوى كميتى الماء فى الاناءين ويفرض ان ارتفاع الماء فى الاناء الاول أقل من ارتفاعه فى الثانى يكون سعة الاول أقل من سعة الثانى

فلنفرض أننا وضعنا كمية من الماء فى أناء معلوم فوصل الماء فيه الى ارتفاع معلوم أيضا ثم بعد ذلك أخذنا كمية الماء نفسها فوضعناها فى أناء آخر ووجدنا أن ارتفاع سطح الماء في هذا الاناء الثانى أقل من ارتفاع سطحه فى الاناء الاول فنقول إن سعة الاناء الثانى أكبر من سعة الاناء الاول أنظر شكل (١٣٩) وبالطريقة نفسها اذا اعطينا كمية واحدة من الحرارة لجسمين مختلفين ووجدنا ان الاول أرتفعت درجة حرارته أكبر من الثانى كانت سعة الثانى الحرارية أكبر من سعة الاول

كذلك في الكهرباء اذا شحنا جسمين بكميتين متساويتين من الكهرباء ووجدنا ان جهديهما مختلفان استنتجنا ان الذى يرتفع جهده اكثر تكون سعته الكهربائية أقل

وكذلك اذا شحنا جسمين بكميتين من الكهرباء لنجعل جهديهما متساويين فما كان يلزمه شحنة أكبر كانت سعته أكبر وبالعكس

ومن هذا نرى ان السعة الكهربائية تتناسب طرديا مع كمية الكهرباء وعكسيا مع مقدار زيادة الجهد الذي يبلغها هذا الجسم لهذه الشحنة

من ذلك نستنتج القانون الآتى : $س = \frac{ش}{ج}$

اى ان السعة تتناسب مع خارج قسمة الشحنة على الجهد

أو س = ا × $\frac{ش}{ﻫ}$ بفرض ان ا مقدار ثابت

ولكن اذا انتخبنا وحدة السعات أنها هي السعة للجسم الذى لو شحن بوحدة كمية الكهرباء زاد جهده بمقدار وحدة الجهد نتج ان

١ = ا × $\frac{١}{١}$ واذن ا = ١

$$\therefore س = \frac{ش}{ﻫ}$$

أو بعبارة بسيطة ان السعة تساوي خارج قسمة الشحنة على الجهد ويمكن وضع هذا على شكلين آخرين هما

ﻫ = $\frac{ش}{س}$ أو ش = ﻫ × س

من هذا نستنتج تعريف وحدة السعة الكهربائية انها هى سعة الجسم الذى اذا شحن بوحدة كمية الكهرباء زاد جهده بمقدار وحدة الجهد

والوحدة الاستاتيكية هى سعة الجسم الذى اذا شحن بوحدة كمية الكهرباء الاستاتيكية زاد جهده بمقدار وحدة الجهد الاستاتيكية وليس لهذه الوحدة اسم خاص

كذلك وحدة السعة للكهرباء الديناميكية او الالكترومغناطيسية هى سعة الجسم الذى اذا شحن بوحدة كمية الكهربائية الديناميكية زاد جهده بمقدار وحدة الجهد الديناميكية وليس لهذه الوحدة اسم خاص بها

اما الوحدة العملية للسعة فهى الفاراد نسبة الى العالم الشهير (فاراداي) وهى سعة الجسم الذي اذا شحن بوحدة الشحنات العملية (الكولومب) زاد جهده بوحدة الجهد العملية (الڤولت)

وهذه الوحدة العملية كبيرة جدا فيستعمل غالبا بدلا منها المكروفاراد اى $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠}$ من الفاراد

مما تقدم نلاحظ ان السعة الكهربائية لها علاقة بأبعاد الجسم ويمكن البرهنة على ان سعة البكرة مثلا فى الكهرباء الأستاتيكية تقدر بمقدار نصف قطر هذه البكرة

بند (٩٧) العلاقة بين الوحدات المختلفة للسعة :— يمكن أستنباط ذلك من العلاقات السابقة الذكر فى وحدات الشحنات ووحدات الجهد لأن السعة خارج قسمة الشحنة على الجهد ولذلك نقول

وحدة الشحنات الاستاتيكية $= \frac{١}{٣ \times ١٠^{١٠}}$ من وحدة الشحنات الالكترومغناطيسية

وحدة الجهد الالكتروستاتيكى $= ٣ \times ١٠^{١٠}$ من وحدة الجهد لالكترومغناطيسية

وحدة السعة الأستاتيكية = $\frac{1}{9 \times 10^{20}}$ من وحدة السعة الالكترومغناطيسية

اي أن وحدة السعة الالكترومغناطيسية = ٩ × ١٠^٢٠ من وحدة السعة في الكهرباء الاستاتيكية لذلك ينتج ان

الفاراد = $\frac{1}{10^{9}}$ من وحدة السعة الالكترو مغناطيسية

= ٩ × ١٠^١١ من وحدة السعة الالكتروستاتيكية

وسعة الكرة الارضية بأجمعها بأعتبار أنها جسم موصل للكهربائية على شكل كرة نصف قطرها ٧٩٠٠ ميل تقريبا لا يساوي (١) فاراد ومن هذا نعلم سبب استعمال الميكروفاراد وحدة عملية بدلا من الفاراد

بند (٩٨) المقاومة — هى خاصية في الاجسام التى توصل الكهرباء تجعل هذه الاجسام تعوق سير التيار فيها واحسن الأجسام توصيلا للكهرباء له خاصية المقاومة هذه لمرور التيار ولو ان مقدارها صغير جدا

هذه الخاصية فى الكهرباء تماثل قوة الاحتكاك في الميكانيكا فمثلا اذا تحرك جسم على آخر فأنه لابد من وجود قوة احتكاك بينهما مهما كانت حالة سطحى الجسمين من حيث الاستواء والنعومة ومهما وضع بين هذين السطحين من مواد تسهل الحركة مثل التزييت او خلافه غير ان مقدار هذه القوة (قوة الاحتكاك)

تتغير حسب هذه العوامل المذكورة وغيرها (راجع قوانين الاحتكاك في الميكانيكا)

وكذلك اذا نقل الماء مثلا بواسطة أنابيب فأن هناك احتكاكا يجعل ضغط الماء يقل بعد مروره من هذه الأنابيب كذلك اذا فرضنا ان ا و ب نقطتان شكل (١٤٠) فرق الجهد بينهما = م واتصلتا بسلك يوصل الكهرباء فأن التيار يسري من ا الى ب

ا ب

(شكل ١٤٠)

اذا كان جهد ا هو الأعلى ولكن مقدار التيار يتغير بتغير السلك مع بقاء فرق الجهد ثابتا بين ا و ب ويتعلق مقدار التيار الذى يمر في هذا السلك بمقدار مقاومة السلك

فاذا كان السلك موصلا جيدا بأن كان من الفضة او النحاس كان مقدار التيار اكبر واما اذا كان من الحديد فان مقدار التيار يكون أقل واذن نستنتج ان مقاومة السلك تتعلق بنوع هذا السلك

والجدول الآتى يبين الاجسام المختلفة مرتبة حسب قوتها فى التوصيل بحيث ان أولها هو أقلها مقاومة وآخرها اكبرها مقاومة

جدول الاجسام الموصلة والاجسام العازلة

جيدة التوصيل	متوسطة التوصيل وعازلة للضغوط الصغيرة	رديئة التوصيل
(١) الفضه (طري)	(١) الكتان	(١) الزيوت
(٢) الفضه (المسحوب به على البارد)	(٢) القطن	(٢) الخزف
(٣) النحاس الاحمر	(٣) الخشب	(٣) الجلود الجافة
(٤) البرنز السيليسيوم التلغرافى	(٤) الحجر	(٤) الصوف
(٥) الذهب	(٥) الرخام	(٥) الحرير
(٦) الألومنيوم	(٦) الورق	(٦) الشمع الاحمر
(٧) الزنك	(٧) العاج	(٧) الكبريت
(٨) البلاتين		(٨) القلفونية
(٩) الحديد		(٩) المطاط
(١٠) الصفيح		(١٠) شيلاك
(١١) الرصاص		(١١) الفلكانيت
(١٢) النيكل		(١٢) الميكا
(١٣) الفضه الألمانية		(١٣) الزفت
(١٤) الفضة البلاتينية		(١٤) الكهرمان
(١٥) المانجنين		(١٥) شمع البرافين
(١٦) الزئبق		(١٦) الزجاج
(١٧) الفحم الكوك		(١٧) الهواء الجاف
(١٨) الفحم البلدى		
(١٩) الجرافيت		
(٢٠) الاحماض		
(٢١) الاملاح المعدنية		
(٢٢) الماء		

ومع ذلك فان الأسلاك المختلفة المصنوعة من مادة واحدة كالنحاس مثلا تختلف مقاومتها بحسب أبعادها

فكلما زاد طول السلك زادت مقاومته وتتناسب المقاومة تناسبا طرديا مع هذا الطول

وبالعكس كلما زاد المقطع المستعرض او بعبارة أخرى مساحة قطاع السلك قلت مقاومته وتتناسب المقاومة تناسبا عكسيا مع مقدار مساحة المقطع

وهذا يشابه سريان الماء في الانابيب فكلما زادت مساحة مقطع الانبوبة زاد مقدار الماء المندفع فيها بضغط معلوم اى قلت قوة الاحتكاك فيها واما اذا زاد طول الانبوبة قل مقدار الماء بزيادة الاحتكاك هذا

فالثلاثة الاشياء التى يتعلق بها مقدار المقاومة هى

اولا — نوع السلك

ثانيا — طول السلك تناسبا طرديا

ثالثا — مساحة مقطع السلك تناسبا عكسيا

واذا رمزنا للمقاومة بالحرف م نري اذن ان

$$م = ا \times \frac{ل}{س}$$

بفرض ان ا مقدار ثابت للسلك الذي من نوع معلوم و يتغير حسب نوع السلك ، ل طول السلك ، س مساحة مقطعه

من هذا القانون يمكننا معرفة معنى الكمية ا ولذلك نضع ل = ١

ى س = ١ اي نأخذ سلكا من مادة ما طوله = ١ سم . ومقطعه المستعرض = ١ سم^{٢} فينتج ان م = ا فى هذه الحالة

∴ الكمية ا هى المقاومة لهذا السلك الذي طوله وحدة الاطوال ومساحة مقطعه وحدة المساحات ولهذا تسمى ا مقدار المقاومة النوعية

فالمقاومة النوعية لسلك ما تعرف بأنها مقاومة قطعة من هذا السلك طولها سنتيمتر واحد ومساحة مقطعها سنتيمتر مربع واحد

ولهذا يكون مقدار مقاومة سلك معلوم من اي مادة عبارة عن حاصل ضرب مقاومته النوعية في طوله بالسنتيمتر مقسوما على مساحة مقطعة بالسنتيمتر المربع

بند (٩٩)

قلنا ان مقدار شدة التيار الذى يمر بين نقطتين ا ى ب يتعلق بشيئين

اولا — مقدار فرق الجهد بين ا ى ب و يتناسب تناسبا طرديا مع مقدار فرق الجهد هذا

ثانيا — مقدار مقاومة السلك الموصل من ا الى ب و يتناسب تناسبا عكسيا مع مقدار هذه المقاومة

$$\therefore \text{ت} = \frac{\text{ح}}{\text{م}}$$

وقد عرفنا كلا من وحدة التيار و وحدة فرق الجهد لذلك يمكننا ان نبين الآن وحدة المقاومة من القانون السابق اذا فرضنا ان

التيار = الوحدة وان فرق الجهد = الوحدة أيضا كان مقدار المقاومة هو الوحدة

ولذلك يكون مقدار مقاومة السلك هى وحدة المقاومات اذا كان فرق جهد قدره الوحدة اى ڤولت واحد يؤثر بين طرفيه فيمرر فيه تيار قدره الوحدة اى أمبير واحد

وتسمى وحدة المقاومة العملية هذه بالاوهم نسبة الى العالم الالمانى الشهير الذى وجد هذه العلاقة أولا

وفى الكهرباء الالكترومغناطيسية تكون وحدة المقاومات هى مقاومة السلك الذى اذا أثر بين طرفيه فرق جهد قدره الوحدة الالكترومغناطيسية أحدث فيه تيارا قدره الوحدة الالكترومغناطيسية للتيار

وليس لهذه الوحدة اسم خاص وانما يمكن استنتاج نسبتها الى الاوهم من النسب التى ذكرناها سابقا لهذه الوحدات

فالوحدة الالكترومغناطيسية للمقاومة $= \frac{1}{10^{9}}$ من الاوهم

ويسمى القانون

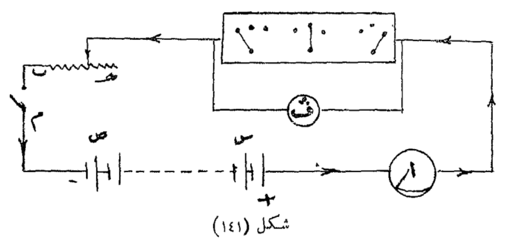
$$ت = \frac{ح}{م} \quad أو ح = ت \times م$$

$$أو م = \frac{ح}{ت}$$

بقانون أوهم وهو من أهم القوانين فى علم الكهرباء

اثبات قانون أوهم بالتجربة

تجربة (٣٤) صل الدائرة المبينة بشكل (١٤١) بان تأخذ بطارية قطباها س و ص ثم صل قطبها الموجب مثلا باحد طرفى



شكل (١٤١)

امبيرمتر ومن الطرف الثانى للامبيرمتر صل الى احد طرفي صندوق مقاومات ومن الطرف الثانى لصندوق المقاومات صل الى هـ احد طرفى مقاومة متغيرة ومن الطرف الثانى ب لهذه المقاومة المتغيرة صل الى مفتاح م ثم من المفتاح الى القطب السالب ص من البطارية فتكون هذه الاجهزة جميعها مكونة لدائرة واحدة جميع اجزائها على التوالى ولذلك عند غلق الدائرة بواسطة المفتاح يمر تيار واحد فى جميع اجزاء هذه الدائرة

وفائدة استعمال الاجهزة المختلفة في هذه الدائرة هى كما يأتى

اولا — البطارية لاعطاء التيار الكهربائى اللازم

ثانيا — المفتاح لقفل الدائرة وفتحها عند اللزوم لكيلا يمر تيار الا عند اجراء التجربة فقط

ثالثا — المقاومة المتغيرة لتغيير مقدار التيار الذي يمر فى الدائرة عند الحاجة

رابعا — صندوق المقاومات يحتوى على عدة اسلاك تتصل بازرار على وجه الصندوق مقسمة فى اغلب الاحوال الى ثلاثة اقسام وهناك مشير لكل قسم يمكن ادارته لكى يعمل اتصالا بكل زر من هذه المجموعات الثلاث وأحد هذه المجموعات تعطى مقاومات من ١٠ الى ٩٠ أوهم والثانية تعطى من ١ الى ٩ أوهم والثالثة من ١ر٠ الى ٩ر٠ من الاوهم ولذلك يمكن بواسطة تحريك هذه الايدى الحصول على اى مقاومة ينحصر مقدارها بين ٩ر٩٩ اوهم الى ١ر من الاوهم وفى الصناديق المختلفة قد تكون المقادير غير ذلك ولكن الذى ذكرناه هو الغالب

وبجانب كل زر من هذه الازرار يكتب مقدار المقاومة التى تحدث عند ما تتصل اليد المتحركة به

خامسا — الاميرمتر لقراءة مقدار التيار فى الدائرة

سادسا — نوصل طرفي صندوق المقاومات بطرفى فولتامتر ليكون متصلا على التوازى مع المقاومة التى بصندوق المقاومات وفى هذه التجربة نطبق القانون على الجزء من الدائرة الذى بين طرفى صندوق المقاومات اى على المقاومة المأخوذة من الصندوق ولاجراء ذلك ثلاث طرق مختلفة

اولا — نثبت مقدار المقاومة فى الصندوق على مقدار معلوم ثم بواسطة المقاومة المتغيرة م ب نغير مقدار التيار الذى يمر فى الدائرة فيتغير مقدار الجهد بين صندوق المقاومات إذ اننا نلاحظ

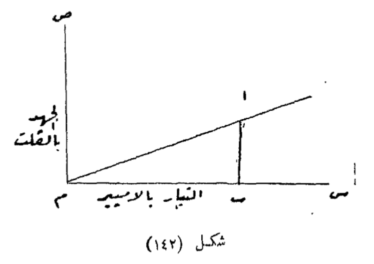
انه في كل مرة يتغير فيها مقدار المقاومة حب تتغير قراءة الاميرمتر . و يتغير معها قراءة الفولتامتر فنعمل جدولا للمقادير المتقابلة للقراءتين مثل الجدول الآتى

أمبير	٢٥ر	٥ر	٧٥ر	١	١ر٢٥	١ر٥	١ر٧٥	٢
فولت	٧٥ر	١ر٥	٢ر٢٥	٣	٣ر٧٥	٤ر٥	٥ر٢٥	٦

ونجد إذن أن خارج قسمة الجهد على التيار يساوي دائما . مقدارا ثابتا أى أن $\frac{ح}{ت}$ = م و يكون المقدار الثابت م هو المقاومة للسلك الذي بالصندوق

ومن أعداد الجدول السابق نرى أنه لابد أن يكون مقدار المقاومة ٣ أوهم

واذا رسمنا خطا بيانيا لبيين هـذه العلاقة بين مقدار الجهد والتيار مع ثبوت مقدار المقاومة نجد أن الخط يكون مستقيما يمر بنقطة الاصل كما فى (شكل ١٤٢) الذى أخذنا فيه مقدار الجهد



شكـل (١٤٢)

على المحور الرأسى و مقدار التيار على المحور الافقى

و في هذا الشكل يكون المستقيم ام هو الخط البيانى الذى يبين العلاقة المطلوبة ويكون مقدار ظل الزاوية ام ب هو مقدار المقاومة بالأوهم

ثانيا — نثبت مقدار التيار بأن نلاحظ أن مقدار قراءة الامبيرمتر تكون دائما مقدارا واحدا لجميع القراءات المختلفة التى تؤخذ من الفولتمتر

ولهذا يجب أن تحرك المشير على وجه صندوق المقاومات لكى نأخذ مقادير مختلفة للمقاومة وفي الوقت نفسه نحتاج الى استعمال المقاومة المتغيرة ب م لكى نثبت مقدار التيار فنجد أنه كلما زاد مقدار المقاومة المأخوذة من الصندوق زادت قراءة الفولتمتر بمقدار مناسب لذلك مادام الامبيرمتر يقرأ مقدارا ثابتا

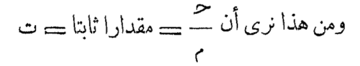
ولنفرض أننا حصلنا على القراءات في الجدول الآتى

فولت	٥ر	٧٥ر	١	١ر٢٥	١ر٥	١ر٧٥	٢	٢ر٢٥	٢ر٥
اوهم	٢ر	٣ر	٤ر	٥ر	٦ر	٧ر	٨ر	٩ر	١

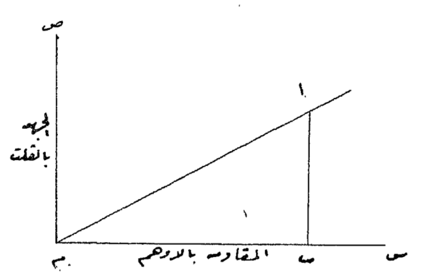
ومن الجدول يتبين أن خارج قسمة الجهد على المقاومة يساوى دائما مقدارا ثابتا وهو مقدار التيار ومن الأعداد لابد أن يكون هذا التيار الثابت قدره ٢ر٥ أمبير

واذا رسمنا الخط البيانى لهذا الجدول نجد أنه مستقيما مثل

م١ واذا كانت المقادير الرأسية تدل على الجهد والأفقية على مقدار المقاومة كان ظل الزاوية ا م ب مقدار التيار (شكل ١٤٣)



ومن هذا نرى أن $\frac{ح}{م}$ = مقدارا ثابتا = ت



(شكل ١٤٣)

ثالثا — نثبت مقدار الجهد أي نجعل قراءة الفولتامتر مقدارا ثابتا ونغير مقدار المقاومة المأخوذة فى صندوق المقاومات فيتغير معها مقدار التيار

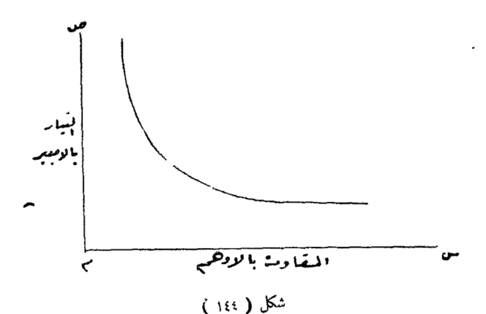
ولا ننسى أنه فى هذه الحالة نحتاج الى استعمال المقاومة المتغيرة م ب كما ذكرنا في الأحوال السابقة

فاذا لاحظنا قراءة الامبير متر ومقدار المقاومة المأخوذة من الصندوق نجد أنه كلما جعلت المقاومة أكبر كان مقدار التيار أقل و بالعكس بشرط بقاء قراءة الفولتامتر فى أثناء ذلك واحدة

واذا عمل جدو ل لهذه القراءات نحصل على أعداد كالآتية

أمبير	٥	٣ر٣٣	٢ر٥	٢	١ر٦٦	١ر٤٣	١ر٢٥	١ر١١
أوهم	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩

و يلاحظ من هذا الجدول ان حاصل ضرب مقداري التيار والمقاومة يكون دائما مقدارا ثابتا هو مقدار الجهد المبين من قراءة الڤولتامتر الذى يجب ان يكون في هذه الحالة ١٠ ڤولت والخط البيانى لهذه العلاقة هو قطع زائد كما في شكل (١٤٤) الذى قد



شكل (١٤٤)

أخذنا فيه مقدار التيار رأسيا ومقدار المقاومة افقيا

و نكون اذن قد اثبتنا قانون اوهم بأحواله الثلاث على الترتيب اى اثبتنا ان

$$\text{م} = \frac{\text{ح}}{\text{ت}} \quad \text{(١)} \quad \therefore \text{ت} = \frac{\text{ح}}{\text{م}} \quad \text{(٢)} \quad \therefore \text{ح} = \text{ت} \times \text{م} \quad \text{(٣)}$$

<u>تجربة (٣٥) لايجاد مقدار المقاومة النوعية لجسم ما</u>

نأخذ سلكا من هذه المادة وليكن الحديد مثلا ونضعه فى دائرة كالمبينة بشكل (١٤١) في التجربة السابقة ليأخذ محل صندوق المقاومات ويكون إذن الفولتامتر واصلا بين طرفى هذا السلك على التوازى معه

ثم نغير مقدار المقاومة المتغيرة نحصل على قراءه مناسبة على الاميرمتر ونقرأ ايضا الڤولتامتر وبقسمه القراءة الثانية على الاولى نحصل على مقدار مقاومة هذا السلك ولنفرض ان هذا المقدار = م

بعد ذلك نقيس طول السلك بواسطة المسطرة ثم نقيس قطره بواسطة الميكرومتر ونستعمل القانون

$$\text{م} = \text{ا} \times \frac{\text{ل}}{\text{س}}$$

ولنفرض فى تجربة ما ان قراءة الفولتامتر ١ر٩ فولت والاميرمتر كانت ٢٠ امبير فيكون المقاومة

$$\text{م} = \frac{\text{١ر٩}}{\text{٢٠}} = \text{٠٩٥ر اوهم}$$

نفرض ان طول السلك = ٢٠٠ سم وان قطره يساوى

٢ ر٠ سم فتكون مساحة مقطعه المستعرض ط × (ا و)٢

= ٠٣١٤ر سم٢

∴ ٠٩٥ر = ا × $\frac{٢٠٠}{٠٣١٤ر}$

∴ ا = $\frac{١٥}{١٠^{٦}}$ اوهم او ١٥ ميكروأهم

ويحسن عند اجراء هذه التجربة اعادتها مرتين او اكثر وايجاد مقدار ا فى كل حاله منها ثم اخذ العدد المتوسط

بند (١٠٠) مقدار المقاومة النوعية للموصلات

قد عملت تجارب عديدة لأيجاد مقدار المقاومة النوعية للموصلات المختلفة وأهم ذلك المقاومة النوعية للنحاس لكثرة استعماله ومقدارها يساوي $\frac{١ر٦}{١٠^{٦}}$ من الأوهم اى يساوي ٦ر١ ميكروأهم

والجدول الآتى يبين مقادير المقاومات النوعية لأجسام مختلفة

جدول مقادير المقاومة النوعية لأجسام مختلفة

المعدن	المقاومة النوعية عند درجة صفر مئوى ميكر وأهم للبوصة المكعبة	المقاومة النوعية عند درجة صفر مئوى ميكر واهم للسنتيمتر المكعب
الفضة النقية	٠ر٥٨٣	١ر٤٦٨
النحاس الأحمر	ر٦٦٧	١ر٥٩
النحاس الاحمر المسحوب على البارد	ر٦٢٣٨	١ر٦٣
الذهب	٠ر٨١	٢ر١٩٧
الألومنيوم	٠ر٩٦	٢ر٥٣
الخارصين النقى	٢ر٢١	٥ر٧٥
البلاتين	١٣ر٤	١٠ر٩١٧
الحديد (السلك)	٣ر٨٢	٩ر٧٥٩
النيكل الطرى	٢ر٧٣	١٢ر٣٢٣
القصدير المضغوط	٥ر١٩	١٣ر٠٤
الرصاص (النقى)	٧ر٧١	٢٠ر٣٦
الفضة الألمانية	من ٧ر٤٨ الى ٨ر١١ حسب تركيبها	٢٩ر٩٨٢
المانجنين	١٦ر٧	٤٦ر٦٧٨
الزئبق النقى	٣٧	٩٤ر٠٧

بند (١٠١) المقادير العيارية لبعض الوحدات

نعلم من قانون أوهم ان

ح = ت × م

فلو حددنا وحدتين احداهما للتيار والأخرى للمقاومة تحدد من ذلك وحدة الجهد أيضا لان وحدة الجهد هى مقدار الجهد الذى يحدث تيارا قدره الوحدة اذا أثر في طرف موصل مقاومته وحدة المقاومة ولتحديد وحدة التيار طريقتان

الأولى ـ بمقدار تأثيره المغناطيسى

الثانية ـ بمقدار تأثيره التحليلى

فى الطريقة الأولى نفرض ان سلكا لف على شكل دائرة نصف قطرها = ١ سنتيمتر وان الجزء من المحيط الذى يشغله طول السلك فيهذه الدائرة هو ١ سم شكل (١٤٥) فيكون التيار فى هذا السلك الذىطوله ١سم ومكونا لقوس دائرة نصف قطرها = ١سم مقداره = وحدة التيار اذا كانت القوة الحادثة منه على قطب مغناطيس شدته وحدة الأقطاب هىداين واحد اذا وضع هذا القطب فى مركز الدائرة

هذه هى وحدة التيار العلمية وهي تساوي ١٠ أمبير

شكل (١٤٥)

الطريقة الثانية : ـ نعلم انه اذا مر تيار في سائل موصل تحلل هذا السائل الى عناصره الأولى فالماء مثلا يتحلل الى أيدروجين واكسجين والاول يتجه نحو القطب السالب اى نقطة خروج التيار والثانى يتجه نحو القطب الموجب أى نحو نقطة دخول التيار

ونعلم مما سبق في قوانين التحليل ان الوزن المتحلل يتناسب مع مقدار التيار ومقدار المكافئ الكيماوي الكهربائى

فعملية التحليل اذن يمكن بها حساب مقدار التيار اذا قدر الوزن المتحلل بواسطته من جسم ما

وبما ان عملية الوزن من أدق عمليات القياس في العلوم الطبيعية اذن تقدير التيار بواسطة هذه الطريقة أدق كثيرا من الطريقة المغناطيسية السابقة ولذلك يمكننا ان نعرف وحدة التيار الكهربائى أنه هو التيار الذى اذا مر فى محلول يحتوي على الفضة مثلا تحلل مقدار من الفضة في كل ثانية قدره ٠٠١١١٨ر٠ جرام

(بند ١٠٢)

هناك تأثير ثالث للتيار وهو التأثير الحرارى ويمكن تعريف وحدة التيار منه بالطريقة الآتية

نعلم أنه اذا مر تيار قدره ت فى سلك مقاومته م كان الجهد

هـ = ت × م

وبما أن الطاقة الكهربائية في هذه الحالة تصرف جميعها في تسخين السلك فانها تفقد على شكل حرارة يمكن الاستدلال

عليها بقياس درجة حرارة السلك قبل و بعد مرور التيار

وقد يحدث أحيانا عند مرور تيارات صغيرة فى أسلاك قليلة المقاومة ان درجة الحرارة لاترتفع بمقدار يمكن قياسه وليس ذلك لعدم حدوث الحرارة بل لأن المقدار الذى وجد منها قليل فقده السلك في الجو أو الأشياء الأخرى المحيطة به بنفس السرعة التى تكون بها

وسنثبت فيما يلى أن مقدار القدرة الكهربائية هو حاصل ضرب الجهد فى التيار

∴ القدرة الكهربائية $=$ هـ $\times$ ت

$=$ م $\times$ ت $\times$ ت $=$ م ت^{٢}

أى تساوى مقدار مقاومة السلك فى مربع التيار

ووحدة القدرة العملية الكهربائية هى الوات او الجول فى الثانية

∴ مقدار الحرارة بالجول فى الثانية $=$ م ت^{٢}

فلو فرضنا ان ت $=$ ١ امبير ، م $=$ ١ أوهم نتج ان الحرارة $=$ ١ جول في الثانية

و نعلم أيضا ان الجول $= \frac{١}{٤ر١٨} =$ ٢٤ر من السعر الحرارى

اذن نري ان التيار الذى قدره أمبير واحد لو مر في سلك مقاومته أوهم واحد أحدث حرارة في كل ثانية قدرها ٢٤ر من السعر

بند (١٠٣) وحـدة المقاومة العيارى

هذه الوحدة هى الأوهم وهى مقاومة عمود من الزئبق النقى طوله ٣ر١٠٦ سم ومقطعه المستعرض ١ ملليمتر مربع اذا كانت درجة حرارته الصفر المئوى

وبتحديد المقدار لكل من وحدة التيار و وحدة المقاومة نكون قد حددنا أيضا وحدة الجهود بالعلاقة التى بين الثلاثة من قانون أوهم كما قدمنا

ومع ذلك للحصول على جهود مضبوطة تتفق مع المقدار العيارى لوحدة الجهد اي مع الفولت قد وجد ان هناك بعض أنواع من البطاريات الأبتدائية تعطى جهدا ثابتا دائما الا اذا تغيرت درجة حرارتها ولو ان تغير درجة حرارتها لايغير كثيرا من الجهد ومن هذه يستعمل غالبا نوعان هما

(اولا) عمود لاتيمر كلارك ومقدار الجهد بين قطبيه = ٤٣٤ر١ ڤولت فى درجة ١٥° مئوي و (ثانيا) عمود وستون ومقدار الجهد بين قطبيه ١٨٤ر١ فولت فى درجة ٢٠° مئوى وقد يسمى هذا الجهد في البطاريات وفي بعض أحوال أخري بالقوة الدافعة الكهربائية و الاثنان يقدران بوحدة واحدة هى الفولت

التأثيرات الحرارية

بند (١٠٤)

اذا مر تيار كهربائى في موصل فانه لابد من حدوث حرارة فيه مقدارها بالجول = مربع التيار × المقاومة × الزمن بالثوانى وبالسعر = مربع التيار × المقاومة × الزمن بالثوانى مقسوما على ١٨ر٤ أنظر بند (١٠٢)

وهذه الحرارة الناشئة من مرور التيار الكهربائى في الأسلاك عبارة عن طاقة مفقودة لا يمكن التخلص منها وغاية الأمر أننا يمكننا ان نجعلها أقل ما يمكن فى حالة تيار معلوم المقدار بأن نجعل الموصل ذا مقاومة قليلة جدا ولذلك نجد انه كلما زاد مقدار التيار الذى يراد مروره فى سلك زاد مقدار مقطع السلك وهذا معناه أننا نقلل مقاومة السلك . لكى لا تكون الحرارة الناشئة من مروره كبيرة المقدار وقد قلنا فيما سبق ان هذه الحرارة اذا كان مقدارها صغيرا جدا فاننا لا نشعر بوجودها لأنها تفقد في الجو او الاشياء المحيطة بالسلك بنفس السرعة التى تتكون بها فلا تتغير درجة الحرارة بمقدار يذكر

ولهذا السبب نفسه تستعمل الأسلاك النحاسية دائما في التوصيلات الكهربائية في المحطات الكهربائية والتوزيع منها للمحال المراد استعمال الكهرباء بها تفاديا من فقد جزء كبير من الطاقة فى أثناء نقلها من المحطة التى تولدت فيها الى المكان المراد توصيلها اليه

و النحاس أجود الأجسام توصيلا للكهربائية بعد الفضة الا أننا لانفكر مطلقا فى استعمال الفضة لأن ثمنها كبير جدا بحيث ان التوفير في مقدار الطاقة المفقودة الذي ينشأ من استعمال الفضة لايمكن أن يعوض جزءا من الفرق بين ثمنها و ثمن النحاس وهناك بعض أجهزة نادرة يستعمل فيها الفضة اذا كانت قلة المقاومة فى هذه الأجهزة لها أهمية كبري في عملها

بند (١٠٥)

و قد فكر أخيرا فى استعمال الألومنيوم وهو معدن أقل توصيلا من النحاس الا أن له ميزة أخرى وهى خفة وزنه بالنسبة لان كثافته أقل بكثير من النحاس ولذلك اذا استعملنا الألومنيوم نضطر الى أخذ مقطع منه أكبر مما نأخذ من النحاس اذا تساوت المقاومتان ولكنه مع ذلك يبقى وزن الألومنيوم أقل وثمن هذه المعادن يتبع غالبا مقدار وزنها

بند (١٠٦)

قد يكون المقصود من مرور التيار في السلك تسخين السلك لاننا نريد توليد الحرارة بواسطة التيار الكهربائى

وأمثلة ذلك كثيرة كما ذكرنا في بند (٤) في أستعمالات الكهرباء العملية وفي هذه الاحوال يمرر التيار فى سلك ذى مقاومة كبيرة بحيث يحدث فى السلك الحرارة المطلوبة او الضوء المطلوب ومن أمثلة ذلك الدفايات الكهربائية وأجهزة الطبخ الكهربائية وتسخين الماء والمصابيح الكهربائية و يوجد في كل جهاز من هذه جسم مقاومته كبيرة ترتفع درجة حرارته الى درجة معلومة عند مرور التيار فيه

بند (١٠٧) الطاقة الكهربائية :—

تعرف الطاقة بأنها القدرة على الشغل والمثال الشهير في المكانيكا هو أنك اذا رفعت حجرا من سطح الارض فأنه فى مكانه المرتفع عن الارض يصبح قادرا على الشغل لانك اذا تركته سقط بقوة التثاقل أمكنه ان يعمل مقدارا من الشغل يقدر بمقدار ثقله فى المسافة الرأسية من نقطة سقوطه هذه الى سطح الارض وكذلك الجسم المتحرك قادر على عمل شغل لانك اذا أردت ان تبطل حركته أظهر هذا الشغل كذلك في الكهرباء اذا مر تيار كهربائى فى سلك فأنه يتبع مروره هذا طاقة كهربائية نقدرها كما يأتى

نفرض ان السلك ا ب يصل بين نقطتين ا ، ب شكل (١٤٦) فرق الجهد بينهما = ﻫ فمن تعريف الجهد نستنتج انه اذا

ب ———————— ا

شكل (١٤٦)

نقلت كمية من الكهرباء قدرها الوحدة من ا الى ب كان مقدار الشغل الذي يعمل = ﻫ أرجا فاذا فرضنا ان شدة التيار من ا الى ب = ت فنعلم ان ت كولومب من وحدات الكهرباء تنتقل كل ثانية من ا الى ب واذن يكون الشغل فى الثانية = ﻫ × ت

والشغل في اى زمن كان = ﻫ × ت × ﻧ

= ﻫ × ش بفرض ان ش الشحنة (الكمية)

لذلك نستنتج التعريف الآتى

مقدار الطاقة الكهربائية التى تتبع نقل كمية من الكهرباء قدرها (ش) بين نقطتين فرق جهدهما (ﻫ) = حاصل ضرب الشحنة في فرق الجهد ووحدة الطاقة مثل وحدة الشغل فاذن هذه الوحدة هى الارج

∴ الطاقة = ش × ﻫ أرجات

هذا اذا استعملنا الوحدات الالكترو مغناطيسية

اما اذا استعملنا الوحدات العملية أى أننا قسنا الشحنة بالكولومب والجهد بالفولت فان الطاقة تصبح مقدرة بالجول ومن العلاقات السابقة بين هذه الوحدات ينتج ان

الجول = ١٠^٧ أرجا

الطاقة = ش × ﻫ جولا بالوحدات العملية

بند (١٠٧) القدرة الكهربائية

القدرة هى الطاقة فى كل ثانية اى ان القدرة = مقدار الشغل في كل ثانية ولايجاد مقدارها نقول

$$\text{الشغل فى كل ثانية} = \frac{\text{ش} \times \text{ح}}{\text{ع}} = \text{ت} \times \text{ح}$$

∴ القدرة = حاصل ضرب الجهد فى التيار

ووحدة القدرة تسمى الوات

∴ الوات = جول فى الثانية

نعلم أيضا في علم الميكانيكا ان القدرة تقدر بالحصان فقدرة الحصان في المقاييس الفرنسية = ٧٥ كيلو جرام متر فى الثانية وفى المقاييس الانجليزية = ٥٥٠ رطل قدم فى الثانية

وبتحويل قدرة الحصان المقدرة بالمقاييس الانجليزية الى ما يساويها بالوات نجرى العمل كما يأتى

الرطل قدم = ١٫٣٥٦ چول ∴ ٥٥٠ رطل قدم فى الثانية
= ٥٥٠ × ١٫٣٥٦ = ٧٤٦ چول في الثانية = ٧٤٦ وات
∴ قدرة الحصان = ٧٤٦ وات
او الوات = ١/٧٤٦ من قدرة الحصان

وقد تستعمل وحدة أخرى للقدرة فى الآلات الكهربائية تسمى الكيلوات وقدرها ١٠٠٠ وات

∴ الكيلوات = ١٠٠٠/٧٤٦ من قدرة الحصان
= ١٫٣٤ « « «
او قدرة الحصان = ٠٫٧٤٦ من الكيلوات

وبتحويل قدرة الحصان فى المقاييس الفرنسية الى ما تساويه بالوات نجد ان قدرة الحصان = ٧٣٦ وات لان الكيلوجرام متر = ٩٫٨ چول

تجربة (٣٦) مكافئ چول

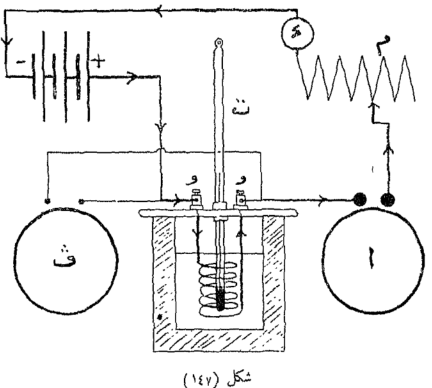
قد برهن چول عمليا ان الحرارة الناشئة أثناء مرور التيار الكهربائى فى اي موصل تتناسب تناسبا طرديا مع

(١) مربع شدة التيار (٢) مقاومة الموصل بالاوهم

(٣) زمن مرور التيار بالثانية ويمكن برهنة ذلك بسهولة باستعمال كالوريمتر (مسعر) محتو على ملف المقاومة الذى يمر فيه التيار من مسمارين قلاووظ (و — و)

يوضع هذا الملف في أناء معدنى مغطى بطبقة صوفية وهذه مغطاة بأناء خشبي آخر ليقل الاشعاع وللبرهنة على مقدار مكافئ چول عمليا

نوصل المسعر في دائرة كهربائية محتوية على بطارية كينبوع كهربائي متصل بالتوالى معها مفتاح توصيل (ى) ومقاومة متغيرة (م) لتنظيم شدة التيار او تغيره وأمبيرمتر (ا) — ليسجل شدة التيار وڤولتمتر (ڤ) على طرفي المسعر ليسجل فرق الجهد على طرفيه



شكل (١٤٧)

الطريقة — نملأ المسعر بالماء ونعين وزنه بالجرام (و) ودرجة حرارته الابتدائية ($ى_1$) بواسطة ترمومتر (ت) موجود بالمسعر ثم نقفل مفتاح التوصيل وننظم شدة التيار المار بواسطة المقاومة المتغيرة حتى نحصل على تيار مناسب ذي مقدار ثابت طول مدة التجربة

ونقرأ الجهد والتيار ثم بعد ١٠ دقائق مثلا من مرور التيار نفتح الدائرة ونعين درجة حرارة الماء النهائية ($ء_٢$)

فتكون الحرارة من التأثير الكهربائى = الحرارة المكتسبة بالماء

∴ الضغط × الشدة × ١٠ × ٦٠ = و ($ء_٢ - ء_١$)

هذا اذا كان المسعر ذا جودة حسنة جدا بحيث لا يوجد حرارة مكتسبة بالمسعر نفسه أو حرارة مفقودة بالاشعاع واذا لم يكن كذلك تكون الحرارة من التأثير الكهربائى = الحرارة المكتسبة بالماء + الحرارة المكتسبة بالمسعر نفسه + الحرارة المفقودة بالأشعاع

فالحرارة المكتسبة بالماء = وزن الماء × (درجة الحرارة النهائية — درجة الحرارة الابتدائية)

والحرارة المكتسبة بالمسعر = وزن المسعر × حرارته النوعية × (درجة الحرارة النهائية — درجة الحرارة الابتدائية)

والحرارة المفقودة بالأشعاع تتوقف على نوع تصميم المسعر وتعرف النسبة بين الحرارة الكلية المكتسبة عمليا والحرارة المنتجة بالشغل الكهربائى (جودة المسعر)

وقد عملت تجربة حساسة أثبتت أن الجول = $\frac{١}{٤ر١٨}$ من السعر

وكانت نتائجها كالآتى

وزن الماء = ٥٠ جرام ارتفاع درجة حرارته ٨ر٩ مئوى

الزمن = ٣ دقائق أو ١٨٠ ثانية شدة التيار = ٥ر٤ أمبير

فرق الجهد = ٥ر٢ فولت

الحرارة المكتسبة بالماء = ٥٠ × ٨ر٩ = ٤٩٠ سعر

الحرارة المفقودة من التأثير الحرارة = ٥ر٢ × ٥ر٤ × ١٨٠ = ٢٠٢٥ جول

∴ الجول = $\frac{٤٩٠}{٢٠٢٥}$ = $\frac{١}{١٨ر٤}$ = ٢٤ر٠ من السعر

بند (١٨٠) تقدير الثمن لاستهلاك القدرة الكهربائية

نفرض ان التيار الكهربائى الذى يستعمل في منزل من المنازل يقدر بالعدد ٥ أمبير وأن الجهد المستعمل هو ١٠٠ فولت

فتكون القدرة ٥ × ١٠٠ = ٥٠٠ وات = ½ كيلوات

ولكن يلزمنا أيضا ان نحسب الزمن الذى يؤخذ فيه هذا التيار لأنه من المعقول أنه اذا أخذ هذا التيار لزمن قدره ساعة يجب ان ندفع من الثمن نصف ماندفع لو أننا استعملناه مدة ساعتين

لذلك نري ان حساب الزمن ضروري فى ايجاد مقدار الاستهلاك

ولذلك لايكفى ان نقول ان قدرة الكهرباء التى تستعمل في منزل ما = ½ كيلوات بل يجب ان نعرف أيضا الزمن الذى استعملت فيه هذه القدرة

و بما أننا وضحنا سابقا ان القدرة هى مقدار الطاقة في كل ثانية اذن الطاقة هى حاصل ضرب القدرة فى الزمن

واذن يكون حساب الاستهلاك مبنيا على الطاقة لا مقدار القدرة

و وحدة الطاقة هى الكيلوات ساعة اى مقدار الشغل الكهربائى الذى يعادل ١٫٣٤ قدره حصان استعمل لزمن قدره ساعة

و يقال للكيلوات ساعة بالوحدة التجارية الكهربائية

و ثمن هذه الوحدة تقرب من ٣٠ مليما و لكن هذا المقدار يتغير من بلد الى أخرى كما انه يتغير فى البلد الواحد على حسب ساعات الاستهلاك لأنه قد يكون له مقدار بالنهار وآخر بالليل لأسباب فنية تخص محطات توليد الكهرباء نترك شرحها الآن

مثال تطبيقى

تيار شدته ١٠٠ أمبير يمر فى سلك مقاومته ١٠ أوهم أوجد مقدار الحرارة المتشعة منه مدة دقيقة واحدة بالوحدات الحرارية البريطانية

الحل

مقدار الحرارة بالوات = م ت^{٢} = ١٠ × ١٠٠^{٢}

= ١٠ × ١٠٠٠٠ = ١٠٠٠٠٠ وات

مقدار الحرارة بالجول = ١٠٠٠٠٠ × ٦٠ = ٦٠٠٠٠٠٠ جول

مقدار الحرارة بالأسعار = $\frac{٦٠٠٠٠٠٠}{٤٫١٨}$ = ١٤٣٥٠٠٠ سعر

= $\frac{١٤٣٥٠٠٠}{٢٥٢}$ = ٥٦٨٧ وحدة

حرارية بريطانية لان الوحدة الحرارية البريطانية = ٢٥٢ سعرا

مثال آخر

ما عدد الوات ساعات اللازمة لغليان ٥٦٧ جراما من الماء درجة حرارتها الاصلية = ١٥° مئوى

الحـــل

الشغل الحراري = وزن الماء × فرق درجة الحرارتين

= ٥٦٧ (١٠٠—١٥) = ٤٨١٩٥ سعر

وحيث ان السعر = ٤٫١٨ چول

∴ ٤٨١٩٥ سعر = ٤٨١٩٥ × ٤٫١٨ = ٢٠٣٢١٩ چول او وات ثانية

وبما ان الوات ساعه = ٦٠ × ٦٠ وات ثانية = ٣٦٠٠ وات ثانيه

∴ $\frac{٢٠٣٢١٩}{٣٦٠٠}$ = ٥٦ وات ساعه تقريبا

مثال آخر

ماهو الزمن اللازم لزيادة درجة حرارة ٢٫٥ رطل من الماء

من ٦٢° فهرنهيت الى درجة الغليان اذا كانت القدرة الكهربائية المفقودة ٤٠٠ وات

الحـــل

ارتفاع درجة الحراره =٢١٢—٦٢=١٥٠ درجة فرنهيت

الشغل الحرارى = ٢٫٥ (٢١٢—٦٢) =٣٧٥ وحده بريطانيه حرارية

وحيث أن الوحدة البريطانية الحرارية = ٧٧٨ رطل قدم

∴ الشغل الحرارى المكافيء بالرطل قدم = ٣٧٥ × ٧٧٨

= ٢٩١٧٠٠ رطل قدم

وبما ان الحصان البخارى = ٧٤٦ وات

او ٧٤٦ وات دقيقة = ٣٣٠٠٠ رطل قدم

∴ $\frac{٢٩١٧٠٠}{٣٣٠٠٠}$ × ٧٤٦ = ٦٥٩٥ وات دقيقة

ويكون الزمن المطلوب = $\frac{٦٥٩٥}{٤٠٠}$ = ١٦٫٤٩ دقيقة

مثال آخر

أوجد وزن الماء اللازم لزيادة درجة حرارته من ١٠° مئينى الى درجة الغليان فى مدة ٢٠ دقيقة اذا مر تيار شدته ١٫٧٥ امبير وجهده ٢٠٠ فولت وكانت الجودة ٨١ ٪

الشغل الكهربائى = ١٫٧٥ × ٢٠٠ × ٢٠ × ٦٠

= ٤٢٠٠٠٠ جول

= $\frac{٤٢٠٠٠٠}{٤٫١٨}$ = ١٠٠٠٠٠ سعر (تقريبا)

وحيث ان الجودة ٨١ ٪

∴ = ١٠٠٠٠٠ × ٨١/١٠٠ = ٨١٠٠٠ سعر

٨١٠٠٠ = وزن الماء (١٠٠ — ١٠) = وزن الماء × ٩٠

∴ وزن الماء = ٨١٠٠٠/٩٠ = ٩٠٠ جرام

مثال آخر

اذا كانت مقاومة سلك من النحاس قطره ١٣٤ر٠ بوصة وطوله ١٧٦٠ ياردة هى ١٢٨ر٣ أوهم فأوجد قطر سلك من معدن الألومنيوم طوله ومقاومته مساوية الى طول ومقاومة سلك النحاس مع العلم بأن المقاومة النوعية لمعدن الألومنيوم هى ٣٥ر٠ ميكرأوهم للبوصة المكعبة

الحـــل

المقاومة = المقاومة النوعية × الطول / سطح القطاع

٣ر١٢٨ = ٠ر٣٥ / ١٠^٦ × (١٧٦٠ × ٣ × ١٢) / س

∴ سطح القطاع س = (٣ر١٢٨ × ١٠^٦) / (٠ر٣٥ × ١٧٦٠ × ٣٦)

= ٣١٢٨٠٠٠ / ٢٢١٨٨٠ = ١٤١ر٥ بوصة مربعة

١٤١ر٥ = ط نق^٢ = ٣ر١٤١٦ × نق^٢

$$\therefore \text{س}^2 = \frac{١٤١\text{ر}٥}{٣\text{ر}١٤١٦} = ٤٥ \text{ تقريبا}$$

$$\therefore \text{س} = \sqrt{٤٥} = ٦\text{ر}٧ \text{ بوصة}$$

مثال آخر

(ا) برهن على ان المقاومة $= \frac{\text{مربع الجهد}}{\text{القدرة}}$

(ب) ما هو الشغل بالرطل قدم الحادث من مرور تيار شدته ٥ أمبير فى دائرة فرق الجهد بين طرفها ٢٠ فولت لمدة دقيقة واحدة

الحـــل

(ا) القدرة = الجهد × شدة التيار = هـ × ت

ولكن شدة التيار = $\frac{\text{الجهد}}{\text{المقاومة}} = \frac{\text{هـ}}{\text{م}}$

$\therefore$ القدرة = $\frac{\text{هـ} \times \text{هـ}}{\text{م}} = \frac{\text{هـ}^2}{\text{م}}$

أعنى ان المقاومة م = $\frac{\text{مربع الجهد}}{\text{القدرة}}$ وهو المطلوب

(ب) مقدار الشغل الحادث = ٢٠ × ٥ × ٦٠ = ٦٠٠٠ چول

وحيث الرطل قدم = ١٫٣٥٦ چول

∴ مقدار الشغل = $\frac{٦٠٠٠}{١٫٣٥٦}$ = ٤٤٢٤٫٨ رطل قدم

مثال آخر

ما عدد الاحصنة اللازمة لارسال تيار شدته ١٠٠ أمبير في مقاومة قدرها ٧٫٥ أوهم

الحـــل

القدرة اللازمة = الجهد × الشدة

= الشدة × المقاومة × الشدة

= ش^{٢} م

= ١٠٠ × ١٠٠ × ٧٫٥ = ٧٥٠٠٠ وات

∴ عدد الاحصنة اللازمة = $\frac{٧٥٠٠٠}{٧٤٦}$ = ١٠٠٫٥ حصان

مثال آخر

ماهى عدد الاحصنة اللازمة لإدارة مولد كهربائى يضئ ١٢٣٠ مصباح تحت جهد قدره ٢٠٠ فولت اذا كانت الشدة الكلية اللازمة = ٣٦٩ أمبير والجودة الكلية للمولد ودائرة المصابيح ٩٠٪

الحـــل

القدرة اللازمة للمصابيح = ٢٠٠ × ٣٦٩ = ٧٣٨٠٠ وات

وحيث أن

$$\text{الجودة} = \frac{\text{القدرة المأخوذة}}{\text{القدرة المعطاة}}$$

$$\therefore \frac{٩٠}{١٠٠} = \frac{\text{القدرة المأخوذة}}{\text{القدرة المعطاة}}$$

وحيث ان القدرة المأخوذة هي اللازمة للمصابيح

$$\text{اذن} \quad \frac{٩٠}{١٠٠} = \frac{٧٣٨٠٠}{\text{القدرة المعطاة}}$$

$$\text{القدرة المعطاة} = \frac{٧٣٨٠٠ \times ١٠٠}{٩٠} = ٨٢٠٠٠ \text{ وات}$$

$$\text{عدد الأحصنة اللازمة لادارة المولد} = \frac{٨٢٠٠٠}{٧٤٦}$$

$= ١١٠$ حصان تقريبا

مثال آخر

اذا كان سعر الوحدة التجارية الكهربائية ٣٠ مليما فأوجد تكاليف اضاءة ١٥٠٠ مصباح تحت جهد قدره ٢٠٠ فولت لمدة ٦ ساعات اذا كانت الشدة اللازمة لجميع المصابيح ٤٥٠ أمبير

الحل

القدرة اللازمة للمصابيح $= ٤٥٠ \times ٢٠٠ = ٩٠٠٠٠$ وات

الوحدات التجارية الكهربائية المنصرفة = $\frac{٩٠٠٠٠}{١٠٠٠}$ × ٦ =

٥٤٠ كيلوات ساعة

التكاليف = ٥٤٠ × ٣٠ = ١٦٢٠٠ مليم = ١٦ر٢٠٠ جنيه مصري = ١٦ جنيها و ٢٠٠ مليم

مثال آخر

محرك كهربائي يشتغل ٨ ساعات يوميا و ٦ أيام لكل أسبوع ويأخذ تيار شدته ١٠٠ أمبير تحت جهد قدره ٢٢٠ فولت أوجد تكاليف ادارته مدة أسبوع اذا كان سعر الوحدة التجارية الكهربائية ٢٥ مليم

الحـــل

القدرة اللازمة للمحرك = ١٠٠ × ٢٢٠ = ٢٢٠٠٠ وات

الوحدات التجارية الكهربائية المنصرفة مدة أسبوع =

$$\frac{٢٢٠٠٠ \times ٨ \times ٦}{١٠٠٠} = \frac{١٠٥٦٠٠٠}{١٠٠٠}$$

التكاليف = ١٠٥٦ × ٢٥ = ٢٦٤٠٠ مليم = ٢٦ر٤٠٠

= ٢٦ جنيها و ٤٠٠ مليم

اسئـــلة

(١) وضح القانون الذى بمقتضاه تتغير مقدار الحرارة مع المقاومة وشدة التيار
اذا مر تيار شدته ١٠ أمبير في سلك مقاومته أوهم واحد أوجد الطاقة المفقودة به لمدة دقيقة بالاسعار (الجواب ١٤٢٨ر١)

(٢) تيار شدته ١٥٠ أمبير يمر فى سلك مقاومته ١٥ أوهم ماعدد الوحدات البريطانية الحرارية المتشععة في مدة دقيقة

(٣) تيار شدته ١٠ أمبير يمر في مقاومه مقدارها ٥ أوهم لمدة ٦ ثوانى وتيار آخر شدته ٦ أمبير يمر في مقاومة مقدارها ٧ أوهم فما مقدار زمن مرور التيار الأخير اذا كان مقدار الحرارة المتشععة من التيار الأول مساوية تماما للحراره المتشععة من التيار الثانى (الجواب ٩ر١١ ثانية)

(٤) ما هى شدة التيار اللازم مرورها في وعاء به ١١٣٤ جرام من الماء اذا كان هذا الوعاء متصلا بدائرة ضغطها أو جهدها ٢٢٠ ڤولت لكى ترتفع درجة حرارته من ١٥° مئوى الى ١٠٠° مئوي في مدة ١٠ دقائق (الجواب ٥٠ر٣ أمبير)

(٥) ماهى القدرة الكهربائية اللازمة لغليان ١١٣٤ جرام من الماء في مدة خمس دقائق اذا كانت درجة حرارة الماء الأبتدائية ١٢°مئوي وكانت جوده الأناء الذى به الماء ٩٠ ٪ (الجواب ١٥٤٥ وات)

(٦) ما الذي تعلمه عن الطاقة والقدرة الكهربائية وما هي الوحدات المستعملة لها فى كلا من الميكانيكا والكهرباء وضح بالتفصيل العلاقة بينهما

(٧) تيار كهربائى شدته ١٠ أمبير يمر فى مقاومة مقدارها ١٠٠ أوهم أوجد القدرة الكهربائية الحادثة بالرطل قدم فى الثانية (الجواب ٧٣٧٣)

(٨) برهن على أن القدرة = مربع الشدة × المقاومة
ما هو الشغل الحادث من مرور تيار شدته ١٠ أمبير في دائرة فرق الجهد بين طرفها ٥٠ ڤولت لمدة دقيقتين
(الجواب ٦٠٠٠٠ جول)

(٩) ما عدد الأحصنة اللازمة لأرسال تيار شدته ١٥٠ أمبير فى مقاومة قدرها ٨ أوهم (الجواب ٢٤١ر٢٨)

(١٠) ماعدد الأحصنة اللازمة لادارة مولد كهربائى يضئ ٢٠٠٠ مصباح موصلة بالتوازى وتحت جهد قدره ٢٢٠ فولت اذا كانت الشدة اللازمة لجميع المصابيح = ١٠٠٠ أمبير والجودة الكلية للمولد ودائرة المصابيح ٨٥٪ (الجواب ٣٤٧)

(١١) اذا كان سعر الوحدة التجارية الكهربائية هى ٤ بنس فأوجد قيمة استهلاك القدرة الكهربائية المفقودة فى مقاومة قدرها ١٠٠٠٠ أوهم موضوعة في دائرة كهربائية جهدها ٢٠٠ فولت لمدة ربع سنة (الجواب ٢ شلن ١١٩ بنس)

(١٢) محرك كهربائى يشتغل ٨ ساعات يوميا ٦ أيام لكل أسبوع ويأخذ تيار شدته ١٠٠ أمبير تحت جهد قدره ٢٢٠ فولت أوجد تكاليف أدارته مدة سنة اذا كان سعر الوحدة التجارية الكهربائية ٢ بنس (الجواب ٤٥٧ جنيها ١٢ شلن)

(١٣) اذا دار محرك كهربائى قوته ١٠ أحصنة وجودته ٨٥ فى المائة تحت حمل كامل باستمرار مدة ١٢ ساعة فما عدد الوحدات التجارية الكهربائية المستهلكة (الجواب ١٠٥٫٣)

(١٤) محرك كهربائي يأخذ ١٨٥ أمبير بجهد قدره ٤٦٠ فولت ويعطى ٨٠ حصان أوجد جودته

وكم عدد الوحدات الكهربائية التجارية المستهلكة لمدة ساعة (الجواب ٧٠٫١٣٪ ٨٥٫١)

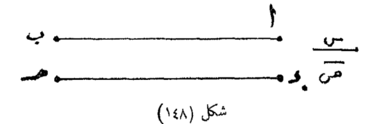
الباب الخامس

تطبيقات على قانون أوهم

بند (١٠٩) طرق اتصال عدة اسلاك

نفرض ان كلا من ا ب ، حـ ء سلك من النحاس ونريد توصيلهما معا ليمر بهما تيار كهربائى من بطارية قطباها س ، ص شكل (١٤٨)

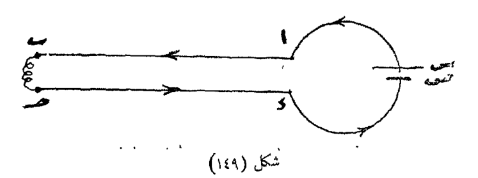
فنجد انه يمكن ذلك بطريقتين مختلفتين



شكل (١٤٨)

اولا — (طريقة التوصيل على التوالى)

نصل القطب الموجب س بالطرف ا من السلك الاول ثم نصل الطرف الثانى ب من السلك الاول بالطرف حـ من السلك الثانى ثم اخيرا نصل الطرف الآخر ء من السلك الثانى الى القطب السالب ص شكل (١٤٩) ونجد ان التيار الخارج من البطارية من قطبها س يمر بالسلك ا ب في الإتجاه من الى ا ب ثم

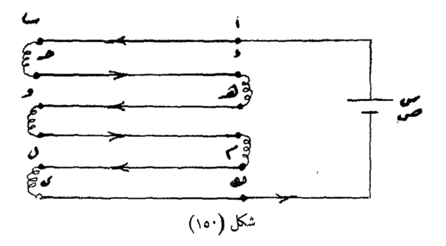


شكل (١٤٩)

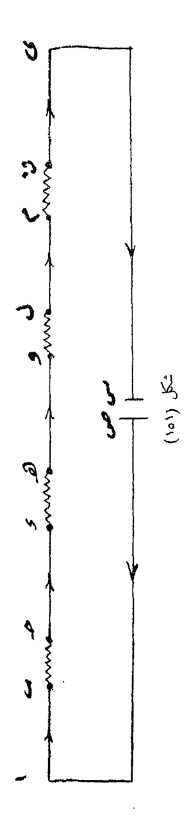
فى السلك حـ ء في الاتجاه من حـ الى ء ثم الى القطب السالب ص مخترقا البطارية من الداخل الى س مكونا دائرة كهربائية مقفلة وليس هناك طريق آخر لمرور التيار غير الذى ذكرناه فيكون مقدار التيار واحدا في جميع نقط الدائرة اى ان مقدار التيار الخارج من البطارية هو مقداره المار في السلك الاول ا ب هو مقداره المار فى السلك حـ ء

تسمى هذه الطريقة بالتوصيل على التوالى

واذا اخذنا عدد من الاسلاك لنوصلها بهذه الطريقة يكون ذلك كما فى شكل (١٥٠) او شكل (١٥١) اللذان لايحتاجان الى شرح اكثر



شكل (١٥٠)



شكل (١٥١)

ثانيا — (التوصيل على التوازى)

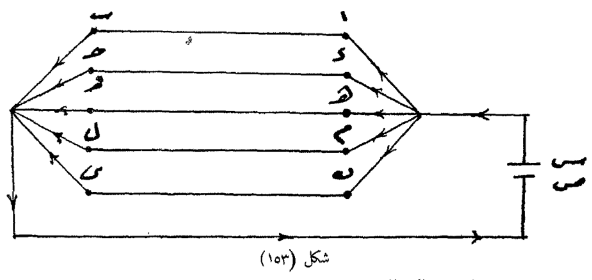
نفرض ان السلكين هما ا ب و حـ ء ويراد امرار تيار البطارية س ص فيهما بطريقة اخرى لذلك نصل ا و ء معا ثم نصل كذلك الطرفين ب و حـ ثم نصل القطب س من البطارية بموضع اتصال ا و ء ونصل القطب الثانى ص بموضع اتصال ب و حـ فنجد ان التيار الخارج من القطب س يصل الى موضع اتصال ا و ء وهناك يجد امامه طريقين احدهما في السلك ا ب وآخر فى السلك ء حـ فينقسم جزء منه فى ا ب والجزء الآخر في ء حـ ثم يجتمع الجزءان ثانيا عند موقع اتصال ب و حـ ليكون التيار

الواحد الذى يصل الى القطب السالب ص شكل (١٥٢)

شكل (١٥٢)

فكاننا فى هذه الحالة وجدنا طريقين للتيار احدهما فى السلك الاول والآخر فى السلك الثانى ولو كان عدد الاسلاك اكثر من اثنين انقسم التيار الى اجزاء بقدر عدد الاسلاك شكل (١٥٣)

تسمى هذه الطريقة طريقة التوصيل على التوازي و يمكن اختصار ماتقدم فيما يلى



شكل (١٥٣)

(طريقة التوالى)

يمر التيار في جميع الاسلاك الواحد بعد الآخر على ترتيب

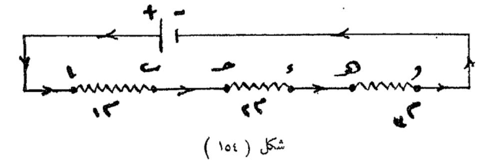
اتصالها وتكون الشدة ثابتة فى كل نقطة منها

(طريقة التوازى) يكون لجميع الأسلاك نهايتين مشتركتين يمر التيار في هذه الاسلاك دفعة واحدة مبتدئا من احدى النهايتين المشتركتين الى الاخرى بحيث ينقسم التيار الى عدد من الاجزاء بقدر عدد الاسلاك

وطرقية حساب المقاومة الكلية للاسلاك مجتمعة في هاتين الحالتين توضح كما يلى

بند (١١٠) التوصيل على التوالى :—

اذا كان هناك جملة موصلات (مقاومات) ا ب ، ح ء ، ه و الخ متصلة على التوالى كما في شكل (١٥٤) ومر تيار شدته (ت) أمبير في الاتجاه الموضح بالشكل فأن هذا التيار يمر فى كل



شكل (١٥٤)

الموصلات مبتدئا من ا الى ان يخرج من و فأذا كانت مقاومات الموصلات هى $م_١$، $م_٢$، $م_٣$ على الترتيب نجد انه بتطبيق قانون أوهم

الفرق في الجهد بين ا ، ب = ت × $م_١$

» » » » ح ، ء = ت × $م_٢$

» » » » و ، ه = ت × $م_٣$

∴ يكون الفرق في الجهد بين ا ، و = $ت \times م_{١} + ت \times م_{٢} + ت \times م_{٣}$ فأذا فرض ان م مقاومة جميع هذه الأسلاك مجتمعة ولعلمنا ان ت مقدار التيار الذى يمر في هذه المجموعة فينتج بتطبيق قانون أوهم على هذه المجموعة ان فرق الجهد الكلى من ا الى و = $ت \times م$

$$\therefore ت \times م = ت \times م_{١} + ت \times م_{٢} + ت \times م_{٣}$$

وبقسمة كل من الطرفين على ت نحصل على

$$م = م_{١} + م_{٢} + م_{٣}$$

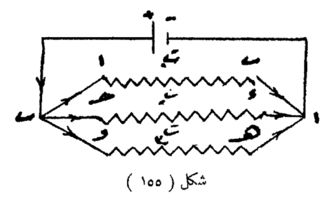
اى أن المقاومة الكلية لمجموعة مقاومات متصلة بالتوالى تساوى مجموع هذه المقاومات

ونلاحظ أذن فى هذا التوصيل ان شدة التيار ثابتة في جميع نقط المجموعة

ولكن فرق الجهد بين اي نقطتين في الدائرة يتناسب مع مقدار المقاومة بين هاتين النقطتين

التوصيل على التوازى:

اذا فرضا انمقاومة المجموعة المتصلة على التوازي شكل (١٥٥)



شكل (١٥٥)

هي $م$ وأن شدة التيار الكلية = ت ومقاومة المواصلات هي $م_1$ ، $م_2$ ، $م_3$ على الترتيب فان شدة التيار الكلية ت تتجزأ في الثلاث مقاومات ولتكن شدته فيها $ت_1$ ، $ت_2$ ، $ت_3$ على الترتيب

أذن الفرق في الجهد بين الطرفين ا ب = الفرق في الجهد بين الطرفين حـ ء = الفرق في الجهد بين الطرفين و هـ

فبتطبيق قانون أهم

$$\text{شدة التيار الكلية المارة بالمجموعة} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المقاومة الكلية}}$$

$$= \frac{ح}{م} = ت$$

$$\text{شدة التيار المارة بالفرع ا ب} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{مقاومة الفرع ا ب}}$$

$$= \frac{ح}{م_1} = ت_1$$

$$\text{شدة التيار المارة بالفرع حـ ء} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{مقاومة الفرع حـ ء}}$$

$$= \frac{ح}{م_2} = ت_2$$

$$\text{شدة التيار المارة بالفرع و هـ} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{مقاومة الفرع و هـ}}$$

$$\text{ت}_{٣} = \frac{\text{ح}}{\text{م}_{٣}} =$$

وحيث ان $\text{ت} = \text{ت}_{١} + \text{ت}_{٢} + \text{ت}_{٣}$

$\therefore \quad \frac{\text{ح}}{\text{م}} = \frac{\text{ح}}{\text{م}_{١}} + \frac{\text{ح}}{\text{م}_{٢}} + \frac{\text{ح}}{\text{م}_{٣}}$ وبقسمة كل من الطرفين على ح ينتج

$$\frac{١}{\text{م}} = \frac{١}{\text{م}_{١}} + \frac{١}{\text{م}_{٢}} + \frac{١}{\text{م}_{٣}}$$ القانون المطلوب

اي ان المقاومة الكلية لمجموعة مقاومات متصلة بالتوازى تأتى من القانون السابق الذكر الذي يبين ان مقلوب المقاومة الكلية يساوي مجموع مقلوبات المقاومات الجزئية

يمكننا ايضا معرفة النسبة بين مقادير شدة التيار فى الاجزاء المختلفة من دائرة التوازي كما يأتى

نفرض ان مقادير المقاومات هى $\text{م}_{١}$ ، $\text{م}_{٢}$ ، $\text{م}_{٣}$ وقد اتصلت على التوازى شكل (١٥٥) وان فرق الجهد المؤثر بين طرفها ا ، ب هو ح

وان التيار فى هذه الاسلاك على الترتيب هو $\text{ت}_{١}$ و $\text{ت}_{٢}$ و $\text{ت}_{٣}$.

$$\therefore \text{ت}_{١} = \frac{\text{ح}}{\text{م}_{١}}$$

$$\text{ت}_{٢} = \frac{\text{ح}}{\text{م}_{٢}}$$

$$\text{ت}_{٣} = \frac{\text{ح}}{\text{م}_{٣}}$$

$$\therefore \text{ت}_{١} : \text{ت}_{٢} : \text{ت}_{٣} = \frac{\text{ح}}{\text{م}_{١}} : \frac{\text{ح}}{\text{م}_{٢}} : \frac{\text{ح}}{\text{م}_{٣}}$$

$$= \frac{١}{\text{م}_{١}} : \frac{١}{\text{م}_{٢}} : \frac{١}{\text{م}_{٣}}$$

اي ان شدة التيار في الاجزاء او الاسلاك المختلفة تناسب عكسيا مع مقدار مقاومتها

فاذا فرض مثلا ان المجموعة تتركب من سلكين اثنين فقط وكانت مقاومة احدهما ضعف مقاومة الثانى كان التيار فى الاول نصف مقداره في الثانى

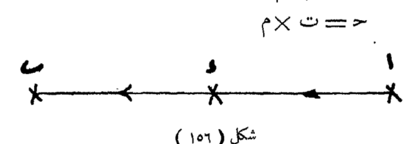
وبالاختصار نجد ان طرقية التوصيل على التوالى تجعل المقاومة النهائية مجموع المقاومات المكونة لها واما في التوصيل على التوازي فان مقلوب مقدار المقاومة النهائية يساوى مجموع عدة مقادير هى مقلوب كل مقاومة على حدة

وسنري من حل مسائل عددية على ذلك ان توصيل عدة اسلاك على التوالى يجعل مقاومتها مجتمعة اكبر من مقاومة اي منها على حدته ولكن توصيل عدة اسلاك على التوازي يجعل مقدار مقاومتها مجتمعة اقل من مقاومة اى واحد منها على حدته اى ان التوصيل على التوالى يوصل الى مقاومة كبيرة وعلى التوازى يوصل الى مقاومة صغيرة

بند (١١١) سقوط الجهد على طول موصل يحمل تيارا كهربائيا نفرض ان ا ب سلك موصل يمر به تيار كهربائي شدته = ت امبير ويؤثر بين طرفيه ا ، ب فرق جهد قدره ح ڤولت ونفرض ان مقاومة السلك = م اوهم

فمن قانون اوهم نعلم ان

$$\text{ح} = \text{ت} \times \text{م}$$



شكل (١٥٦)

نأخذ اي نقطة ء على السلك اب تقسم السلك الى قسمين اء ، ءب شكل (١٥٦) ونفرض ان مقاومة الجزء اء = م_1 ، مقاومة الجزء ءب = م_2 وان فرق الجهد من ا الى ء = ح_1 ومن ء الى ب = ح_2

فبما ان شدة التيار ثابتة على طول السلك اذن لو طبقنا قانون أوهم على كل من الجزئين نجد ان

$$\text{ح}_1 = \text{ت} \times \text{م}_1$$

$$\text{ح}_2 = \text{ت} \times \text{م}_2$$

وبالقسمة ينتج أن

$$\frac{\text{ح}_1}{\text{ح}_2} = \frac{\text{م}_1}{\text{م}_2}$$

وبالجمع ينتج ان $\frac{ح_{١}}{ح_{١} + ح_{٢}} = \frac{م_{١}}{م_{١} + م_{٢}}$

ولكن $ح_{١} + ح_{٢}$ هو فرق الجهد من ا الى ب ويساوى ح

وكذلك $م_{١} + م_{٢}$ = المقاومة الكلية للسلك من ا الى ب

$$\therefore \frac{ح_{١}}{ح} = \frac{م_{١}}{م}$$

وبالمثل ينتج ان $\frac{ح_{٢}}{ح} = \frac{م_{٢}}{م}$

ومعنى هذا ان النسبة بين فرق الجهد لأي جزء من السلك الى فرق الجهد للسلك جميعه تساوي النسبة بين مقاومة هذا الجزء الى مقاومة السلك جميعه

فلو فرض مثلا اننا أخذنا جزءا من السلك مقاومته تساوي $\frac{١}{٤}$ مقاومة السلك جميعه كان فرق الجهد بين طرفي هذا الجزء مساويا $\frac{١}{٤}$ فرق الجهد بين طرفي السلك جميعه

بند (١١٢) ليست القاعدة التى استنتجت فى البند السابق خاصة بالسلك الواحد بل يمكن تطبيقها ايضا على عدة أسلاك تتصل على التوالى

نفرض مثلا ان هناك ثلاثة أسلاك ا ب ، ب ح ، ح ء مقاومتها م١ ، م٢ ، م٣ كما فى شكل (١٥٧) تتصل على التوالى

فبالطريقة السابقة يمكن اثبات ان ح١ : ح٢ : ح٣ = م١ : م٢ : م٣

بفرض ان ح١ = فرق الجهد من ا الى ب
و ان ح٢ = « « ب الى ح
و ان ح٣ = « « ح الى ء

وأيضا $\frac{ح_1}{ح} = \frac{م_1}{م}$ و $\frac{ح_2}{ح} = \frac{م_2}{م}$ و

$\frac{ح_3}{ح} = \frac{م_3}{م}$

بفرض ان ح فرق الجهد الكلى من ا الى ء و م المقاومة الكلية من ا الى ء ايضا

شكل (١٥٧)

و بعبارة أخرى يمكننا ان نقول انه في الدائرة الواحدة التى تتصل جميع أجزائها على التوالى يكون نسبة فرق الجهد بين أى نقطتين الى فرق الجهد الكلى المؤثر على الدائرة جميعها مساوية لنسبة مقاومة هاتين النقطتين الى المقاومة الكلية او ان فرق الجهد

توزع على اجزاء الدائرة بنسبة مقاومة هذه الاجزاء

مثال — مصباح كهربائى مقاومته = ٢٠٠ أوهم يتصل على التوالى مع مصباح آخر مقاومته= ٤٠٠ اوهم فاذا كان فرق الجهد المؤثر على المصباحين معا = ٣٠٠ فولت فاوجد مقدار فرق الجهد لكل مصباح

الحل

$$\therefore \frac{\text{فرق الجهد للمصباح الاول}}{\text{فرق الجهد الكلى}} = \frac{\text{مقاومة المصباح الاول}}{\text{المقاومة الكلية}}$$

$$= \frac{٢٠٠}{٢٠٠ + ٤٠٠} = \frac{١}{٣}$$

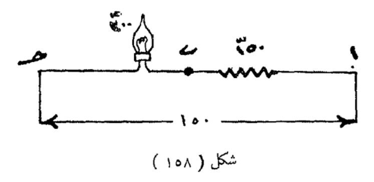
فرق الجهد للمصباح الاول = $\frac{١}{٣}$ × ٣٠٠ = ١٠٠ فولت

∴ فرق الجهد للمصباح الثانى = ٣٠٠ — ١٠٠ = ٢٠٠ فولت

بند (١١٣) القواعد السابقة تفيد عمليا فى احوال كثيرة

ومثال ذلك اذا فرض اننا نريد ان نضىء مصباحا جهده المعتاد ١٠٠ فولت من ينبوع كهربائى يولد فرق جهد قدره ١٥٠ فولت فنجد مما تقدم انه يجب ان نوصل مقاومة اخرى اضافية على التوالى مع المصباح وان هذه المقاومة يجب ان يكون مقدارها $\frac{١}{٢}$ مقاومة المصباح فلو كانت مقاومة المصباح مثلا ٣٠٠ اوهم

وجب ان تكون المقاومة التى تضاف له متصلة على التوالى وقدرها ١٥٠ اوهم ويكون الترتيب كما في شكل (١٥٨) الذي



شكل (١٥٨)

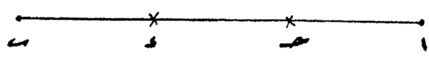
يبين المقاومة الاضافية بين ا ى ب وقدرها ١٥٠ اوهم والمصباح بين ب ى حـ ومقاوته ٣٠٠ اوهم

كذلك اذا اريد اضاءة عدة مصابيح على التوالى من ينبوع كهربائى واحد وكان الجهد اللازم لكل مصباح = حـ فولت وعدد المصابيح = ى وجب ان يكون جهد الينبوع قدره حـ × ى فولت فاذا كانت جميعها متساوية في المقاومة كان مقدار الجهد حـ لكل واحد منها متساويا واما اذا كانت غير متساوية في المقاومة فان الذي يكون مقاومته اكبر يكون علية فرق جهد اكبر من حـ والذي مقاومته اقل يكون عليه فرق جهد اقل من حـ

بند (١١٤) يمكننا تطبيق هذه القاعدة ايضا على سلك مستقيم ممدود بين نقطتين ا ى ب مقطعه المستعرض ثابت في كل طوله نجد ان مقاومة اي جزء من هذا السلك تتناسب مع طول هذا الجزء لان المقطع المستعرض واحد لجميع الاجزاء ولهذا يكون فرق الجهد بين اى نقطتين على السلك مناسبا لطول هذا الجزء

فاذا أخذنا نقطتين مثلا على هذا السلك مثل ﺣ ، ء وكان البعد بين ﺣ ، ء = ل$_1$ والبعد بين ا ، ب = ل وفرق الجهد من ا الى ب = ﺣ وفرق الجهد من ﺣ الى ء = ﺣ$_1$

فينتج ان $\frac{ﺣ_1}{ﺣ} = \frac{ل_1}{ل}$ شكل (١٥٩)



شكل (١٥٩)

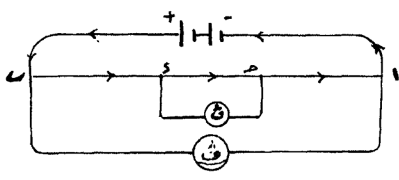
فمثلا اذا كان الطول الكلى ا ب = ١٠٠ سم وطول الجزء ﺣ ء = ١٥ سم وفرق الجهد من ا الى ب = ١٠ فولت فان فرق الجهد من ﺣ الى ء

$$= ١٠ \times \frac{١٥}{١٠٠} = ١٫٥ \text{ فولت}$$

يمكن اثبات ذلك بالتجربة الآتية

تجربة (٣٧)

خذ سلكا مستقيما ذا مقاومة كبيرة طوله متر وشده بين النقطتين ا ، ب على مسطرة مدرجة وصل طرفيه ا ، ب بقطبي بطارية شكل (١٦٠) ثم صل الطرفين ا ، ب ايضا الى طرفى فولتمتر واقرأ الفولتمتر



شكل (١٦٠)

بعد ذلك وصل طرفي الفولتمتر بنقطتين ﻫ و ء على السلك. واقرأ الفولتمتر واقرأ ايضا بواسطة المسطرة الطول ﻫ ء

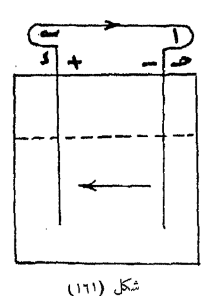
تجد ان نسبة الطول ﻫ ء الى الطول الكلى ا ب = نسبة قراءة الفولتمتر عند ما كان متصلا بين ﻫ و ء الى قراءته عند ما كان متصلا بين ا و ب

يجب ان يتذكر الطالب ان صحة هذه القاعدة التى استنتجنا منها جميع ما تقدم متوقف على ان شدة التيار ثابتة في جميع اجزاء الدائرة ولهذا يجب في هذه التجربة الاخيرة ان تتأكد ان شدة التيار ثابتة بأن تأخذ بطارية تعطي جهدا ثابتا لمدة كافية لاجراء التجربة

ستظهر اهمية ما تقدم عند التكلم عن طرق قياس المقاومات وغيره كما سيأتى بعد

بند (١١٥) المقاومة الداخلية للبطاريات

نفرض كما فى شكل (١٦١) أن اب سلك يوصل بين القطبين ﻫ و ء لعمود بسيط وان ء القطب الموجب و ﻫ القطب السالب



شكل (١٦١)

فيسرى التيار الكهربائى من ء فى السلك ب ا من ب الى ا ثم الى القطب السالب هـ خارج العمود ويتمم هذا التيار مروره في الدائرة متجها من اللوح السالب هـ الى اللوح الموجب ء داخل العمود

وهذا التيار يعانى اثناء مروره فى هذه الدائرة البسيطة مقاومتين أساسيتين هما

أولا — مقاومة السلك ا ب وتسمى المقاومة الخارجية

ثانيا — مقاومة السائل فى العمود وتسمى المقاومة الداخلية

ويمكن جعل المقاومة الخارجية اي مقدار نريد بتغيير السلك ا ب

اما المقاومة الداخلية فهى متعلقة بنوع السائل وسطح الالواح المستعملة فى العمود والمسافة بين اللوحين

فاذا زاد سطح اللوحين بان كان العمود كبير الحجم قلت المقاومة الداخلية وكذلك اذا قرب اللوحان أحدهما من الآخر قلت هذه المقاومة ولكن هذه العوامل لا تؤثر كثيرا في مقدار هذه المقاومة الداخلية

وهاتان المقاومتان الخارجية والداخلية متصلتان على التوالى فالمقاومة الكلية في الدائرة اذن هى مجموع هاتين المقاومتين

نفرض ان المقاومة الخارجية = $م_١$

و ان المقاومة الداخلية = $م_٢$

فتكون المقاومة الكلية = $م_١ + م_٢ = م$

و بما ان العمود يعطى قوة دافعة كهربائية ثابتة المقدار تقريبا فاذا فرضنا ان هذه القوة الدافعة (ق. د. ك.) ينتج ان التيار ت

$$= \frac{ق. د. ك}{م_١ + م_٢}$$

و بالنظر الى هذا الكسر نظرة اولى نجد ان بسطه مقدار ثابت وان مقامه مجموع كميتين الاولى $م_١$ تتغير حسب الحاجة و الثانية $م_٢$ ثابتة تقريبا

لهذا يكون اكبر مقدار لهذا الكسر هو المقدار الذى ينتج من جعل $م_١$ = صفرا وفي هذه الحالة يكون ت = $\frac{ق. د. ك}{م_٢}$

اى ان النهاية العظمى للتيار الذي يمكن اخذه من عمود هى مقدار القوة الدافعة الكهربائية مقسوما على المقاومة الداخلية و لا يمكن بأي حال من الاحوال الحصول على مقدار من التيار اكبر من ذلك

فمثلا اذا كان مقدار القوة الدافعة الكهربائية = ٥ر١ فولت
والمقاومة الداخلية = ٢ اوهم كانت النهاية العظمى للتيار = $\frac{١ر٥}{٢}$

= ٧٥ر امبير

وبالرموز

النهاية العظمى ت = $\frac{ق.د.ك}{م٢}$

لهذا نرى ان مقدار اكبر تيار يمكن أخذه من عمود ما يتعلق بمقدارين

اولا ـ مقدار القوة الدافعة وكلما كان هذا اكبر كان التيار اكبر

ثانيا ـ مقدار المقاومة الداخلية وكلما كان هذا أصغر كان التيار اكبر

من ذلك نرى أهمية جعل المقاومة الداخلية قليلة المقدار في الاعمدة للحصول على مقدار كبير من التيار

وأغلب الاعمدة الابتدائية التى سبق شرحها يختلف مقدار مقاومتها الداخلية بين ½ أوهم ، ٢ أوهم وفي الوقت نفسه يختلف مقدار القوة الدافعة لها بين ١ ، ٢ فولت فيكون اكبر مقدار للتيار الممكن أخذه من أقوى انواع هذه الاعمدة هو $\frac{٢}{\frac{١}{٢}}$ = ٤ أمبير

وهذا مقدار صغير للتيار يبين لنا نهاية قدرة هـذه الاعمدة لارسال التيار الـكهربائى في الدوائر ومن اجل هذا قد استغنى عن استعمال هذهالاعمدة فى الاحوال العملية التى تستدعى مقادير عظيمة للتيار واستعمل بدلا منها البطاريات الثانونية أو المراكم التى سنشرحها بعد

ونذكر هنا للطالب ان هذه المراكم يمكن ان نحصل منها على تيار قدره مئات من الامبير وذلك لصغر مقدار مقاومتها الداخلية مع ان قوتها الدافعة الـكهربائية ليست اكثر مما في بعض انواع الاعمدة الابتدائية وهى حول ٢ فولت للعمود الواحد

بند (١١٦) قصر الدائرة

اذا جعلنا المقاومة الخارجية صغيرة جدا بأن وصلنا بين قطبى العمود بسلك جيد التوصيل سمى هذا التوصيل قصر فى الدائرة

اذن قصر الدائرة للعمود هو توصيل قطبى هذا العمود بمقاومة خارجية قليلة جدا وفى هذه الحالة يكون التيار اكبر مايمكن ومتعلقا بمقدار المقاومة الداخلية

وفى الاعمدة الابتدائية كعمود لكلانشيه ودانيل وغيرهما تكون المقاومة الداخلية مقدارا يعتد به فلا يمكن ان يكون مقدار التيار كبيرا بدرجة يخشى منه فى هذه الدائرة غيران تأثير ذلك على العمود يكون من شأنه ضعف هذا العمود ونقص قوته الدافعة الـكهربائية ولـكن لايحصل التلف لهذا العمود الا اذا استمر ذلك زمنا كافيا

أما اذا كان مقدار المقاومة الداخلية صغيرا فان مقدار التيار قد يكون كبيرا بدرجة يخشى منه على اجزاء الدائرة لانه قد يحدث منه كمية من الحرارة فى بعض اجزاء الدائرة كافية لحدوث اشتعال فى هذا الجزء من الدائرة

و في الاعمدة الثانوية التى يكون مقدار مقاومتها الداخلية صغيرا جدا بين ١/١٠٠ و ١/١٠٠٠ من الاوهم اذا عمل هذا القصر في الدائرة و وصل القطبان بموصل جيد مر تيار قدره ٢ ÷ ١/١٠٠ أو ٢ ÷ ١/١٠٠٠ اي قدره ٢٠٠ او ٢٠٠٠ امبير وهذا مقدار كبير يحدث اخطارا جمة

واذا لم يكن هناك جزء من الدائرة الخارجية يخشى من احتراقه فان هـذا يكون كافيا لتلف العمود نهائيا لهذا ننبه الطالب ان لا يوصل قطبي عمود بسلك من النحاس بغية معرفة ما اذا كان هذا العمود يحدث تيارا كهربائيا ام لا لان ذلك يتلف هذا العمود اذا كان من الاعمـدة الثانوية و يضعفه لوقت ما اذا كان من الاعمدة الابتدائية

بند (١١٧) قصر الدائرة فى المولدات

ليست اهمية قصر الدائرة هذا خاصا بالاعمدة بل بكل جهاز يولد قوة دافعة كهربائية

فمثلا في حالة الدينامو يكون من الخطر ان نوصـل قطبيه بسلك موصل اثناء توليد قوته الدافعة الـكهربائية و لنفرض ان

الدينامو يولد ١٠٠ فولت مثلا وان مقاومته الداخلية تساوى ٢ر اوهم فاذا ماوصلنا القطبين بسلك يمكن اهمال مقدار مقاومته ينتج تيار قدره ١٠٠ ÷ ٢ر = ٥٠٠ امبير وهذا التيار يكون عادة اكبر بعدة مرات من مقدار التيار الذى صمم الدينامو له فتحترق اسلاك الدينامو الداخلية ويتلف

وزيادة على ذلك اذا فرض ومر هذا التيار فى جزء من الدائرة الخارجية فان مقداره يكون عدة اضعاف ماتتحمله هذه الدائرة ولهذا قد يحدث الخطر الذى ذكرناه سابقا من احتراق جزء من هذه الدائرة

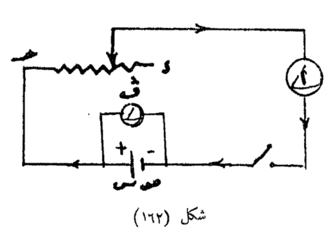
ومنعا لمثل هذه الاخطار تستعمل دائما المصهرات في جميع الاحوال العملية للتوصيلات الكهربائية وسيأتى ذكر ذلك بتوسع فيما بعد

بند (١١٨) الفرق بين القوة الدافعة الكهربائية للعمود وفرق الجهد

ذكرنا فيما تقدم ان النهاية العظمى لفرق الجهد بين قطبي عمود يسمى القوة الدافعة الكهربائية وهذا يحدث عند عدم اخذ اى تيار من العمود والتجربة الآتية تثبت ذلك

تجربة (٣٨)

خذ عمودا قطباه س و ص ووصل بين قطبيه فولتمتر ف كما في شكل (١٦٢) وأقرأ الفولتمتر



شكل (١٦٢)

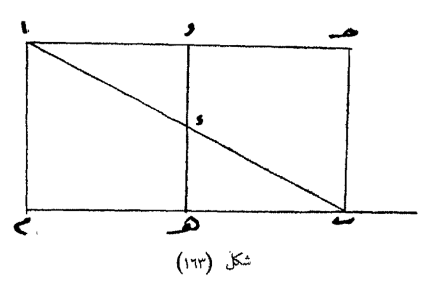
بعد ذلك وصل القطب س الى الطرف هـ من مقاومة متغيرة هـ ء ووصل الطرف الثانى ء من هذه المقاومة بامبيرمتر (أ) ومن الطرف الثانى للامبيرمتر الى مفتاح ومن المفتاح الى القطب الآخر ص للعمود مع بقاء الڤولتمتر متصلا بالقطبين بعد ذلك اقفل المفتاح فيمر التيار فى الدائرة وعند ذلك أقرأ الأمبيرمتر وخذ عدة قراءات متتالية للأمبيرمتر والفولتمتر بتغيير مقدار المقاومة المتغيرة (هـ ء) في الدائرة تلاحظ انه كلما زادت قراءة الامبيرمتر قلت قراءة الڤولتمتر وهذا يدل على ان زيادة مقدار التيار المأخوذ من عمود يتبعه نقص في مقدار فرق الجهد بين قطبيه

ويمكن وضع المقادير التى يبينهما كل من الفولتمتر والامبيرمتر على شكل جدول كما يأتى :

الجهد	٢	١ر٧٥	١ر٥	١ر٢٥	١	ر٧٥
التيار	٠	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	١	١$\frac{1}{4}$

يمكن من هذا الجدول عمل الرسم البيانى الآتى :

نرسم محورا أفقيا وآخر رأسيا يتقاطعان فى نقطة م شكل(١٦٣)



شكل (١٦٣)

ونأخذ على المحور الرأسى مقادير فرق الجهد وعلى المحور الافقى مقادير التيار من الجدول السابق ونصل جميع النقط التى احداثياها في الجدول السابق فنجد أنها تقع تقريبا على مستقيم مثل ا ء ب واستقامة هذا الخط ا ء ب الجامع للنقط المذكورة متوقفة على المقاومة الداخلية للعمود لانه اذا كان مقدار هذه المقاومة مقدارا ثابتا مهما اخذ من هذا العمود من التيار فان الخط يكون مستقيما مضبوطا اما اذا كان مقدار المقاومة متغيرا فان الخط ا ء ب لا يكون مستقيما

وفي الجدول السابق قد فرضنا ثبوت مقدار المقاومة الداخلية واخذنا الاعداد بحيث تنتج مستقيما مضبوطا

ومعنى ماتقدم أنه اذا فرض أن البعد ﻫ م على المحور الافقى

يمثل مقـدار التيار فى حالة ما وجب أن يكون هـ ء مقدار فرق الجهد المقابل له فى التجربة أو الجدول السابق

وا كبر مقدار لفرق الجهد هو م ا من الشكل وهذا يحدث عند ما يكون التيار صفرا وقد قلنا ان هذا المقدار م ا اذن يكون القوة الدافعة الـكهربائية للعمود

وظاهر من الرسم ان زيادة التيار تقابلها قلة فرق الجهد حتى اذا وصلنا الى النقطة ب التى فيها يقطع الخط البيانى المحور الافقى نجد ان عند هذه النقطة ب يكون مقدار التيار هو م ب وهو اكبر تيار و مقدار فرق الجهد يساوي صفرا

نفرض فى الشكل السابق اننا رسمنا من ا المستقيم الافقى ا حـ ثم مددنا هـ ء على استقامته ليقابل احـ في و فيكون هـ ء + ء و = م ا

∴ ء و = م ا — هـ ء

= القوة الدافعة — فرق الجهد

∴ ء و هو مقدار الجزء الذى فقد من القوة الدافعة الـكهربائية فى داخل العمود و يكون قد فقد إذن بسبب المقاومة الداخلية

ولهذا يكون مقدار المقاومة الداخلية للعمود مساويا مقدار مافقد بسبب هذه المقاومة من الجهد مقسوما على مقدار التيار (قانون أوهم)

∴ $\frac{\text{ء و}}{\text{هـ م}} = \frac{\text{ء و}}{\text{و ا}} =$ ظا ب احـ

هذا يبين لنا لماذا اذا كانت المقاومة الداخلية ثابتة وجب أن يكون الخط البيانى ا ء ب مستقيما وذلك لان مقدار هذه المقاومة يساوى ظل الزاوية عند ا ولكى يكون ظل الزاوية عند ا ثابتا لجميع النقط مثل ا ٥ ء ٥ ب وجب أن يكون جميعها على مستقيم واحد

يمكننا أن نلخص النتائج التى يجب علينا معرفتها فى ما ياتى

أولا — فرق الجهد الكهربائى للعمود يكون اكبر ما يمكن عند ما يكون التيار صفرا وفى هذه الحالة يسمى فرق الجهد هذا بالقوة الدافعة الكهربائية

ثانيا — كلما زاد مقدار التيار المأخوذ من العمود قل فرق الجهد له

ثالثا — يكون التيار اكبر ما يمكن عند وصول فرق الجهد الى مقدار الصفر وفي هذه الحالة تفقد جميع القوة الدافعة الكهربائية للعمود فى امرار التيار فى المقاومة الداخلية

رابعا — القوة الدافعة الكهربائية فى جميع الاحوال تساوى مجموع فرق الجهد المقاس بالفولتمتر مضافا الى الجزء من الجهد الذى صرف في داخل العمود لامرار التيار في المقاومة الداخلية

خامسا — اذا كان مقدار المقاومة الداخلية ثابتا وزاد التيار بمقادير متساوية قل الجهد ايضا بمقادير متساوية ومعنى هذا بالرسم البيانى أن الخط البيانى الذى يمثل العلاقة بين الكميتين (التيار ٥ فرق الجهد) يكون مستقيما

والآن يمكننا أن نبحث المسألة رياضيا كما يأتى

نفرض ان مقدار القوة الدافعة الكهربائية للعمود = ح

وان المقاومة الخارجية = $م_١$ والداخلية = $م_٢$

$$\text{فيكون التيار ت} = \frac{ح}{م_١ + م_٢}$$

بما أن $م_٢$ = مقدارا ثابتا فرضا ومقدار $م_١$ متغير

∴ ت يكون اكبر ما يمكن عند ما يكون $م_١$ صفرا وقد ذكرنا ذلك من قبل

أيضا من المعادلة السابقة ينتج أن ت ($م_١$ + $م_٢$) = ح

أو ح = ت × $م_١$ + ت × $م_٢$

∴ نري أن (ح) الجهد الكلى انقسم الى جزءين احدهما ت × $م_١$ وهذا الجزء من الجهد هو الذى يقرأه الفولتمتر الموصل بين قطبى العمود ويسمى فرق الجهد الخارجى وهذا الذي ننتفع به اما الجزء الثانى ت × $م_٢$ فهو الذي يفقد فى امرار التيار فى المقاومة الداخلية ولا ينتفع به

ملاحظة — التجربة الاخيرة تعمل لعمود ابتدائى لان مقدار مقاومته الداخلية كبير بدرجة تظهر فرقا بين القوة الدافعة وفرق الجهد وزيادة على ذلك فانه عند جعل المقاومة الخارجية صفرا أى عند قصر الدائرة لا ينتج ضرر يذكر ولكن اذا عملت على

عمود ثانوي فان الدائرة التى تستعمل لاجراء التجربة تحتاج الى ترتيب خاص لان الفرق بين القوة الدافعة وفرق الجهد يكاد لايذكر حتى في حالة أخذ تيار كبير وزيادة على ذلك يجب أن لايعمل أي قصر فى الدائرة والا اتلف العمود المقاومة الداخلية الكلية لعدة اعمدة مكونة بطارية

بند(١١٩) التوصيل على التوالى

قلنا سابقا إن فى هذه الحالة تكون شدة التيار واحدة فى جميع الاعمدة وان فرق الجهد للمجموعة يساوى مجموع فروق الجهد لجميع الاعمدة ونزيد الآن أن المقاومات الداخلية لهذه الاعمدة فى هذه الحالة تكون متصلة على التوالى ولذلك تكون المقاومة الداخلية الكلية للبطارية تساوي مجموع المقاومات الداخلية لجميع الاعمدة

فاذا فرض ان مقادير هذه المقاومات الداخلية هى $م_١$ ، $م_٢$ ، $م_٣$ .... $م_ن$ فان المقاومة الداخلية الكلية $م_ء$ يجب ان تكون

$$م_ء = م_١ + م_٢ + م_٣ .... م_ن$$

واذافرض وكان عدد الاعمدة ن وجميعها متساوية في مقدار المقاومة الداخلية

فان $م_ء = ن \times م$ بفرض ان م المقاومة الداخلية للعمود الواحد

كذلك اذا كانت جميع الاعمدة متساوية فى القوة الدافعة

الـكهربائية وكان مقـدار ذلك للعمود الواحد $= \text{ه}$ وعـدد الأعمدة ن فان القوة الدافعة الـكهربائية للبطارية $= \text{ه} \times \text{ن}$

واذا كان بالدائرة لهذه البطارية مقاومة خارجية قدرها $\text{م}_{\text{خ}}$ كانت المقاومة الـكلية للدائرة

$$\text{م} = \text{م}_{\text{خ}} + \text{ن} \times \text{م}_{\text{د}}$$

ويكون مقدار التيار

$$\text{ت} = \frac{\text{ن} \times \text{ه}}{\text{م}_{\text{خ}} + \text{ن} \times \text{م}_{\text{د}}}$$

وبقسمة حدي الـكسر على ن ينتج أن

$$\text{ت} = \frac{\text{ه}}{\frac{\text{م}_{\text{خ}}}{\text{ن}} + \text{م}_{\text{د}}} \qquad (١)$$

ولـكننا من العمود الواحد نأخذ مقدارا من التيار قدره

$$\text{ت} = \frac{\text{ه}}{\text{م}_{\text{خ}} + \text{م}_{\text{د}}} \qquad (٢)$$

لذلك نري من المعادلتين السابقتين (١) و (٢) أن جمع عدة أعمدة على التوالى يعطى تيارا أكبر فقط اذا كان $\text{م}_{\text{خ}}$ مقدارا كبيرا بالنسبة الى $\text{م}_{\text{د}}$ أي اذا كانت المقاومة الخارجيـة كبيرة بالنسبة للمقاومة الداخلية للعمود الواحد

ولنضرب مثلا بالأعداد كما يأتى :—

نفرض أن العمود الواحد جهده ٢ فولت وأن مقاومته الداخلية تساوي ٢ أوهم وأن المقاومة الخارجية = $\frac{١}{١٠}$ أوهم فيكون التيار من العمود الواحد :

$$\text{ت} = \frac{٢}{٢ + \frac{١}{١٠}} = \frac{٢}{٢ر١} = \text{٠ر٩٥٢ أمبير}$$

فاذا استعملنا عشرة أعمدة على التوالى لهذه الدائرة ينتج أن

$$\text{ت} = \frac{٢ \times ١٠}{٢ \times ١٠ + \frac{١}{١٠}} = \frac{٢٠}{٢٠ر١} = \text{٠ر٩٩٥ أمبير}$$

وهذا الفرق يكاد لايذكر فلا فائدة من التوصيل على التوالى

نضرب المثال الآخر الذى تظهر فيه فائدة التوصيل على التوالى

نفرض أن جهد العمود الواحد = ٢ فولت وأن مقاومته الداخلية = ٣ر أوهم وأن المقاومة الخارجية ١٠ أوهم

فيكون مقدار التيار من العمود الواحد

$$\text{ت} = \frac{٢}{١٠ + ٣ر} = \frac{٢}{١٠ر٣} = \text{٠ر١٩٤ أمبير}$$

أما اذا استعملنا عشرة أعمدة على التوالى فان

$$\text{ت} = \frac{٢ \times ١٠}{١٠ + ٣ر \times ١٠} = \frac{٢٠}{١٣} = \text{١ر٥٤ أمبير}$$

والفرق بين المقدارين كبير يبين عظم فائدة هذا النوع من التوصيل في هذه الحالة

بند (١٢٠) التوصيل على التوازي

شرحنا هذا فيما سبق وقلنا أن فرق الجهد الكلى للمجموعة هو فرق الجهد للعمود الواحد وأن شدة التيار المتحصل من المجموعة يساوى مجموع الشدة لكل عمود

ونزيد الآن على ذلك أن المقاومة الداخلية للمجموعة تصبح أقل من المقاومة الداخلية للعمود الواحد لأنها مقاومات متصلة على التوازى فاذا كان مقدار المقاومة الداخلية للعمود الواحد = $م_ء$ وكان عدد الأعمدة ن فان المقاومة الداخلية الكلية م تأتى من المعادلة السابق اثباتها وهى :

$$\frac{1}{م} = \frac{1}{م_ء} + \frac{1}{م_ء} + \frac{1}{م_ء} + \text{مكررة ن مرات}$$

$$\therefore \frac{1}{م} = \frac{ن}{م_ء}$$

$\therefore م = \frac{م_ء}{ن}$ اي ان المقاومة الكلية تساوي مقاومة العمود الواحد مقسوما على الاعمدة

∴ لوكان مقدار المقاومة الخارجية $م_خ$

$$\text{ينتج ان التيار} = \frac{ح}{م_خ + \frac{م}{ن}}$$

ويمكن بالطريقة التى شرحناها بالاعداد في البند السابق ان يبرهن الطالب لنفسه على ان هذا النوع من التوصيل يجعل مقدار التيار من البطارية اكبر من مقداره من العمود الواحد اذا كان مقدار المقاومة الخارجية صغيرا بالنسبة للمقاومة الداخلية للعمود الواحد

ويمكن بالبرهان النظري أثبات ان اكبر مقدار يمكن الحصول عليه من التيار هو الذي يكون فيه مقدار المقاومة الخارجية مساويا للمقاومة الداخلية لمجموعة الاعمدة

بند (١٢١) التوصيل على التضاعف

فى هذه الحالة تنقسم المجموعة كما بينا الى عدة مجموعات اعمدة المجموعة الواحدة تتصل على التوالى والمجموعات مع بعضها تتصل على التوازي

فاذا فرضنا ان عدد الاعمدة جميعا هى ن وانها قسمت الى عدد من المجموعات قدرها س بحيث ان اعمدة المجموعة الواحدة تتصل على التوازى فينتج ان عدد الاعمدة فى المجموعة الواحدة

$= \frac{ن}{س}$ متصلة على التوالى $=$ ص مثلا

$\therefore$ س $\times$ ص $=$ ن

نفرض ان المقاومة الداخلية $=$ م، للعمود الواحد

$\therefore$ مقاومة المجموعة الواحدة $=$ م، $\times$ ص

ومقاومة البطارية اى المجموعات جميعها التى عددها س متصلة على التوازى :

$$= \text{م}_{\text{ء}} \times \text{ص} \div \text{س}$$

$$= \frac{\text{م}_{\text{ء}} \times \text{ص}}{\text{س}}$$

$$\therefore \text{التيار ت} = \frac{\text{ـه} \times \text{ص}}{\text{م}_{\text{خ}} + \frac{\text{م}_{\text{ء}} \times \text{ص}}{\text{س}}}$$

$$= \frac{\text{ـه}}{\frac{\text{م}_{\text{خ}}}{\text{ص}} + \frac{\text{م}_{\text{ء}}}{\text{س}}}$$

و بما ان $\text{س} \times \text{ص} =$ مقدار ثابتا هو عدد الاعمدة جميعها فيمكن أثبات ان ت يكون اكبر ما يمكن فى الحالة التى فيها

$$\frac{\text{م}_{\text{خ}}}{\text{ص}} = \frac{\text{م}_{\text{ء}}}{\text{س}}$$

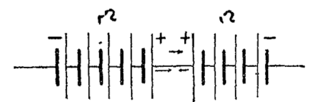
$$\text{او م}_{\text{خ}} = \frac{\text{م}_{\text{ء}} \times \text{ص}}{\text{س}}$$

اى ان المقاومة الداخلية تساوى الخارجية

و يمكن اثبات ذلك بالرسم البيانى او بالجبر او بحساب التفاضل

بند (١٢٥) وهناك نوع من التوصيل يسمى التوصيل على التضاد وفي هذه الحالة يوصل عدد من الأعمدة $\text{ه}_{١}$ على التوالى

والباقى من الاعمدة وعدده $ن_{٢}$ على التوالى أيضا ثم توصل المجموعتان



شكل (١٣٤)

على التضاد بحيث يكون القطب الموجب للمجموعة الأولى متصلا بالموجب للمجموعة الثانية ويكون القطبان الخالصان هما القطبان السالبان للمجموعتين

فتكون القوة الدافعة للكهربائية الكلية $= ه \times ن_{٢} - ه \times ن_{١} = ه\,(ن_{٢} - ن_{١})$ وذلك لأن $ن_{٢}$ اكبر من $ن_{١}$

والمقاومة الداخلية للمجموعتين معا $= م_{د} \times ن_{٢} + م_{د} \times ن_{١}$

$$= م_{د}\,(ن_{٢} + ن_{١})$$

$$\therefore \text{شدة التيار} = \frac{\text{القوة الدافعة الكهربائية الكلية}}{\text{المقاومة الكلية للدورة}}$$

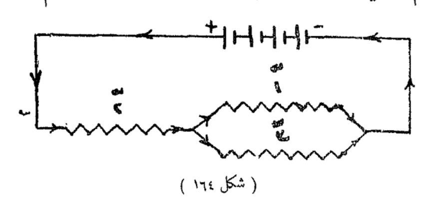
$$= \frac{ه\,(ن_{٢} - ن_{١})}{م_{د}\,(ن_{٢} + ن_{١}) + م_{خ}}$$

بفرض ان $م_{خ}$ المقاومة الخارجية للدورة

مثال تطبيقى :

بطارية مكونة من أربعة أعمدة موصلة على التوالى القوة

الدافعة الكهربائية لكل منها ٢ فولت والمقاومة الداخلية ٢ر. أوهم تغذي دائرة كهربائية مكونة من مقاومة ٢ أوهم متصلة



(شكل ١٦٤)

بالتوالي مع مقاومتين ١ أوهم و ٣ أوهم متصلتين بالتوازي والمطلوب معرفة شدة التيار الكلية المارة بالدائرة كذا شدة التيار المارة بكل مقاومة والضغط على طرفي كل مقاومة

الحـــل

الضغط الكلي للبطارية = ٤ × ٢ = ٨ فولت

شدة التيار الكلية $=\frac{\text{الضغط الكلي}}{\text{المقاومة الكلية}}$

ولكن المقاومة الكلية = المقاومة الكليـة الداخليـة للبطارية + المقاومة الكلية الخارجية للدائرة

المقاومة الكلية الداخلية للبطارية =٢ر٠ × ٤ = ٨ر٠ أوهم

والمقاومة الكلية الخارجية للدائرة = ٢ أوهم + مجموع المقاومتين ١ و ٣ المتصلتين بالتوازي

ولكن مجموع المقاومتين ١ ، ٣ تأتى من القانون

$$\frac{1}{م} = \frac{1}{م١} + \frac{1}{م٢}$$

أي $\frac{1}{م} = \frac{1}{1} + \frac{1}{3} = \frac{4}{3}$ ∴ م = $\frac{3}{4}$ = ٠٫٧٥ أوهم

∴ المقاومة الكلية الخارجية للدائرة = ٢ + ٠٫٧٥ = ٢٫٧٥ أوهم

شدة التيار الكلية = $\frac{8}{٠٫٨ + ٢٫٧٥} = \frac{8}{٣٫٥٥}$ = ٢٫٢٥ أمبير

الشدة المارة بمقاومة ٢ أوهم = الشدة الكلية بالدائرة لأنها متصلة بالتوالى = ٢٫٢٥ أمبير

ولايجاد الشدة المارة بكل من ١ أوهم ، ٣ أوهم المتصلين بالتوازى نقسم المقدار الكلى للتيار الى مقدارين نسبتهما كنسبة ١ : ٣

∴ أحد القسمين = $\frac{1}{4}$ × ٢٫٢٥ = ٠٫٥٦٣ أمبير

والقسم الآخر = $\frac{3}{4}$ × ٢٫٢٥ = ١٫٦٩ أمبير

والمقدار الأول يمر فى المقاومة ٣ أوهم والثانى يمر فى المقاومة ١ أوهم

ولايجاد الضغط أو الجهد لكل مقاومة نستعمل قانون أوهم فيكون الضغط للمقاومة ٢ أوهم = ٢ × ٢٫٢٥ = ٤٫٥ ڤولت

والضغط لكل من المقاومتين المتصلتين على التوازي يكون واحدا للمقاومتين = ١ × ١٫٦٩ = ١٫٦٩ ڤولت

= ٣ × ٠٫٥٦٣ = ١٫٦٩ ڤولت أيضا

مثال آخر :

دائرة مصابيح محتوية على ٤٢ مصباحا متصلة بالتوازى تحت جهد قدره ١٠٠ فولت ومقاومة كل مصباح ١٥٠ أوهم أوجد شدة التيار الكهربائى المار بالمصابيح كذا مقدار القدرة الكهربائية

الحـــل

المقاومة الكلية للمصابيح تأتى من القانون

$$\frac{١}{\text{م}} = \frac{١}{\text{م}١} + \frac{١}{\text{م}٢} + \frac{١}{\text{م}٣} + \text{..... الخ}$$

$$\therefore \frac{١}{\text{م}} = \frac{١}{١٥٠} \times ٤٢ \qquad \therefore \text{م} = \frac{١٥٠}{٤٢}\text{أوهم}$$

$$\text{شدة التيار الكهربائى المار بالمصابيح} = \frac{١٠٠}{\frac{١٥٠}{٤٢}} = \frac{٤٢ \times ١٠٠}{١٥٠}$$

$$= ٢٨ \text{ أمبير}$$

$$\text{القدرة الكهربائية} = \text{الضغط} \times \text{الشدة}$$

$$= ١٠٠ \times ٢٨ = ٢٨٠٠ \text{ وات}$$

مثال آخر : ثلاث مقاومات متصلة بالتوالى مقـدارها ٥ر١ أوهم ، ٢ أوهم ، ٥ر٢ أوهم في دائرة كهربائيـة ضغطها ١٥٠ فولت أوجـد الضغط على طرف كل مقاومة ومقـدار القدرة المفقودة فى الدائرة

الحـــل

المقاومة الكلية = ٥ر١ + ٢ + ٥ر٢ = ٦ أوهم

شدة التيار المارة بالدائرة = $\frac{\text{١٥٠}}{\text{٦}}$ = ٢٥ أمبير

الضغط على طرف المقاومة ٥ر١ أوهم = ٢٥ × ٥ر١
= ٥ر٣٧ فولت

الضغط على طرف المقاومة ٢ أوهم = ٢٥ × ٢ = ٥٠ فولت
« « « « ٥ر٢أوهم = ٢٥ × ٥ر٢ = ٥ر٦٢ «

والقدرة المفقودة فى الدائرة = ١٥٠ × ٢٥ = ٣٧٥٠ وات
= ٧٥٠ر٣ كيلوات

مثال آخر : اوجد مقاومة سلك من النحاس طوله ١٠٠٠ ياردة وسطح قطاعه بوصة مربعة اذا كانت المقاومة النوعية للنحاس ٦٦ر٠ ميكرو أوهم للبوصة المكعبة

الحـــل

$$\text{المقاومة} = \text{المقاومة النوعية} \times \frac{\text{الطول}}{\text{سطح القطاع}}$$

$$= \frac{\text{٦٦ر٠}}{\text{١٠}^{\text{٦}}} \times \frac{\text{١٢} \times \text{٣} \times \text{١٠٠٠}}{\text{١}} = \text{٠٢٤ر٠ أوهم}$$

مثال آخر : سلك من النحاس مقاومته ٠٤٥ر١ أوهم وسطح قطاعه ٠٤ر بوصة مربعة والمطلوب معرفة طوله اذا كانت مقاومته النوعية ٦٦ر٠ ميكرو أوهم للبوصة المكعبة

$$\text{الحل : ١ر٠٤٥} = \frac{\text{٠ر٦٦}}{\text{١٠}^{\text{٦}}} \times \frac{\text{الطول بالبوصة}}{\text{ر٠٤}}$$

$$\therefore \text{الطول} = \frac{\text{١ر٠٤٥} \times \text{١٠}^{\text{٦}} \times \text{٠ر٠٤}}{\text{٠ر٦٦}} = \text{٦٣٣٦٠ بوصة}$$

$$= \frac{\text{٦٣٣٦٠}}{\text{١٢} \times \text{٣} \times \text{١٧٦٠}} = \text{ميل واحد تقريبا}$$

مثال آخر : سلك من النحاس طوله ٢٨ قدما وقطره ٠ر٠٣٦ بوصة ومقاومته ٠ر٢٣١ أوهم أوجد مقاومته النوعية

$$\text{٠ر٢٣١} = \text{المقاومة النوعية} \times \frac{\text{٢٨} \times \text{١٢}}{\frac{\text{٢٢}}{\text{٧}} \times \frac{\text{٠ر٠٣٦} \times \text{٠ر٠٣٦}}{\text{٤}}}$$

$$\text{المقاومة النوعية} = \frac{\text{٠ر٢٣١} \times \text{٠ر٠٣٦} \times \text{٠ر٠٣٦} \times \text{٢٢}}{\text{٢٨} \times \text{١٢} \times \text{٤} \times \text{٧}} =$$

٠ر٠٠٠٠٠٠٧ أوهم للبوصة المكعبة

أو = ٠ر٧ ميكرو أوهم للبوصة المكعبة

$$\text{لان الميكرو أوهم} = \frac{\text{١}}{\text{مليون}} \text{ من الاوهم} = \frac{\text{١}}{\text{١٠}^{\text{٦}}} \text{ أوهم}$$

بند (١٢٣) الاصطلاحات المتبعة لرسم الدوائر الكهربائية :

(١) الينبوع الكهربائى

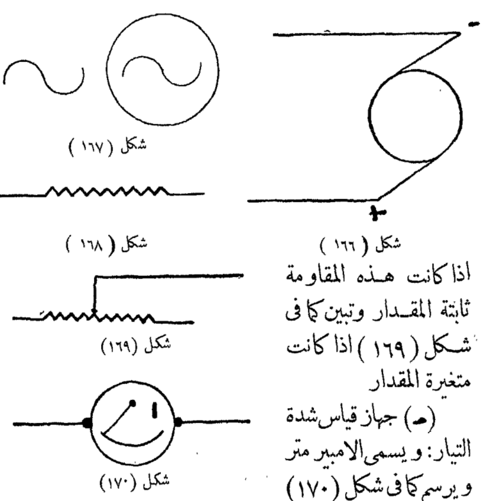
اما ان يكون هذا الينبوع بطارية كهربائية فتبين كما في شكل (١٦٥) ويكون قطبها الموجب ا والسالب ب و يترك جزء

شكل (١٦٥)

خال فى الوسط لـكى يدل على ان عدد الاعمدة المـكونة للبطارية اكثر مما هو ظاهر فى الشكل

واما ان يكون الينبوع مولدا او دينامو فيبين كما فى شكل (١٦٦) للتيار المستمر اوكما في شكل (١٦٧) للتيار المنعكس

(ب) المقاومة : تبين هذه عادة بخط منكسر كما فى شكل (١٦٨)



شكل (١٦٧)

شكل (١٦٨)

شكل (١٦٦)

شكل (١٦٩)

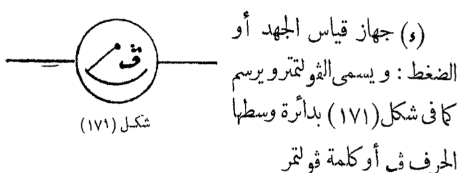
شكل (١٧٠)

اذا كانت هـذه المقاومة ثابتة المقـدار وتبين كما فى شـكل (١٦٩) اذا كانت متغيرة المقدار

(ح) جهاز قياس شدة التيار : و يسمى الامبير متر و يرسم كما فى شكل (١٧٠)

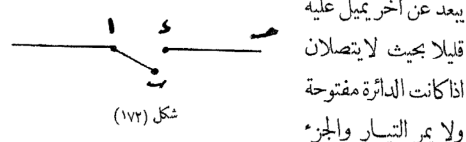
بدائرة وسطها الحرف ا الذي هو أول كلمة أمبير متر

(د) جهاز قياس الجهد أو الضغط : و يسمى الڤولتمترو يرسم كما فى شكل (١٧١) بدائرة وسطها الحرف ڤ أو كلمة ڤولتمر

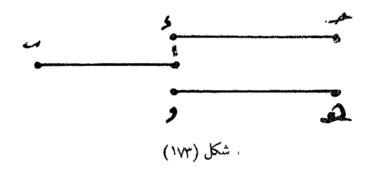


شكل (١٧١)

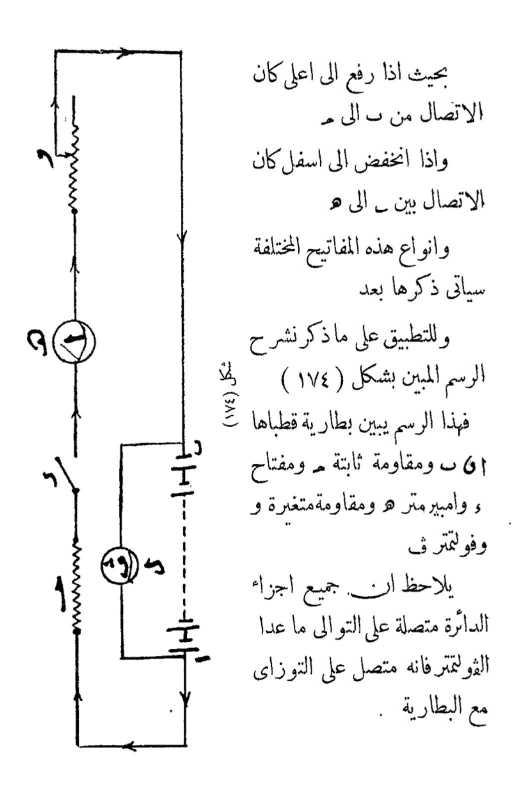
(ه) المفتاح البسيط : يبين كما فى شكل (١٧٢) بخط مستقيم يبعد عن آخر يميل عليه قليلا بحيث لا يتصلان اذا كانت الدائرة مفتوحة ولا يمر التيار والجزء المتحرك هو ا ب بحيث اذا رفع الى اعلى واتصلت ب بالنقطة د قفلت الدائرة و مر التيار واما المفتاح ذو الطريقين فانه يبين كما في شكل (١٧٣) والجزء المتحرك هو ا ب



شكل (١٧٢)



شكل (١٧٣)



شكل (١٧٤)

بحيث اذا رفع الى اعلى كان الاتصال من ب الى ﮬ

واذا انخفض الى اسفل كان الاتصال بين ب الى ﮪ

وانواع هذه المفاتيح المختلفة سياتى ذكرها بعد

وللتطبيق على ما ذكر نشرح الرسم المبين بشكل (١٧٤)

فهذا الرسم يبين بطارية قطباها ا ى ب ومقاومة ثابتة ﮬ ومفتاح ء وامبير متر ﮪ ومقاومة متغيرة و وفولتمتر ق

يلاحظ ان جميع اجزاء الدائرة متصلة على التوالى ما عدا الڤولتمتر فانه متصل على التوزاى مع البطارية .

اسئلة

(١) إشرح قانون أوهم وبين الأوضاع المختلفة له

(٢) اشرح بالتفصيل الفرق بين المقاومة والمقاومة النوعية لمعدن ما

(٣) كيف تتغير مقاومة سلك بتغير طوله وسطح قطاعه

(٤) أوجد المقاومة الكلية لثلاث مقاومات مقدارها ١ أوهم ٢ أوهم ، ٣ أوهم

(أولا) اذا وصلت بالتوالى (ثانيا) اذا وصلت بالتوازى

(الجواب ٦ أوهم و $\frac{٦}{١١}$ أوهم)

(٥) أوجد المقاومة الكلية للمجموعة الآتية (مقاومة قدرها ٢ أوهم متصلة بالتوازى مع مقاومة قدرها ٥ أوهم والاثنتين متصلتين بالتوالى مع مقاومة قدرها ١٢ أوهم)

(الجواب $\frac{٦}{٧}$١٣ أوهم)

(٦) اذا كانت مقاومة سلك بطول معلوم من النحاس سطح قطاعه ٠٠٣ر٠ سم مربع هى ٧٢ أوهم فكم تكون مقاومة سلك آخر طوله مساو الى طول السلك الأول وسطح قطاعه ١٨ ر٠ سم مربع

(الجواب ١٢)

(٧) اذا كانت المقاومة التى قدرها أوهم واحد تساوي بالتقريب مقاومة عمود من الزئبق طوله ١٠٦ سنتيمتر وسطح قطاعه ملليمتر مربع عند درجة صفر مئوى فكم تكون مقاومة عمود

من الزئبق طوله متر واحد وسطح قطاعه ٥٠ر٠ مليمتر مربع
(الجواب ١ر٨٨)

(٨) اذا كانت مقاومة سلك من النحاس طوله ١٧٦٠ ياردة وقطره ١٣٤ر٠ بوصة هى ٣ر١٢٨ أوهم فأوجد مقاومة ٤٤٠ ياردة من معدن هذا السلك قطره ٠٦٥ر٠ بوصة
(الجواب ١ر٢٦٦)

(٩) دائرة مكونة من ٦ أعمدة متشابهة متصلة على التوالى بسلك مقاومته ١٠٠ أوهم فرق الجهد لكل عمود هى ١ر٨ فولت ومقاومته الداخلية ٥ر٠ أوهم فأوجد القوة الدافعة لكل عمود
(الجواب ١ر٨٥٢٥)

(١٠) اذا كان العمود الواحد من أعمدة جروف له فرق جهد قدره ١ر٨ فولت ومقاومته الداخلية = ٠٧ر٠ أوهم فكم عمودا يلزم لمرور تيار كهربائى مقداره ١٠ أمبير فى دائرة كهربائية مقاومتها ٢ر٢ أوهم
(الجواب ٢٢٠)

(١١) اذا كانت المقاومة النوعية لمعدن البلاتين ٦ أمثالها لمعدن النحاس فكم تكون نسبة قطرى سلكين من معدنى البلاتين والنحاس طولها واحد ومقاومتها واحدة (الجواب $\sqrt{٦}$)

(١٢) مقاومتان متصلتان بالتوازى تحت جهد قدره ٥٠ فولت ويمر بهما تيار شدته ١٥ أمبير فاذا كان مقدار القدرة لاحداهما هى ٤٥٠ وات فأوجد قيمتهما بالاوهم الجواب (٥$\frac{٥}{٩}$ ، ٨$\frac{١}{٣}$)

(١٣) مصباحان مقاومتاهما ١٠٠ أوهم ، ١٥٠ أوهم متصلان بالتوازى مع بعضهما والاثنين متصلين بالتوالى مع مصباح مقاومته ١٠٠ أوهم أوجد القوة الدافعة الكهربائية اللازمة عندما تستهلك قدرة قدرها ١٥٠ وات (الجواب ٢٠٠ ڤولت)

(١٤) دائرة مصابيح محتوية على ٥٠ مصباحا متصلة بالتوازى تحت جهد قدره ١٢٠ ڤولت ومقاومة كل مصباح ٢٠٠ أوهم أوجد شدة التيار الكهربائى المار بالمصابيح كذا مقدار القدرة الكهربائية (الجواب ٣٠ أمبير ، ٣٦٠٠ وات)

(١٥) ثلاث مقاومات متصلة بالتوالى مقدارها ٢ ، ٣ ، ٤ أوهم في دائرة كهربائية جهدها ٢٠٠ فولت أوجد الجهد على طرف كل مقاومة ومقدار القدرة المفقودة في الدائرة

(الجواب $\frac{٤}{٩}$٤٤ ، $\frac{٢}{٣}$٦٦ ، $\frac{٨}{٩}$٨٨ ، $\frac{٤}{٩}$٤٤٤٤)

(١٦) اذا كانت المقاومات المذكورة فى المثال السابق متصلة بالتوازى فأوجد مقدار الشدة المارة بكل مقاومة

(الجواب ١٠٠ ، $\frac{٢}{٣}$٦٦ ، ٥٠)

(١٧) دائرة مكونة من أربعة مصابيح قوسية متصلة بالتوالى جهد كل مصباح ٥٥ فولت وشدته ٦ أمبير متصلة بينبوع كهربائى جهده ٢٥٠ فولت والمطلوب معرفة قيمة المقاومة المطلوب وضعها بالتوالى مع المصابيح (الجواب ٥ أوهم)

(١٨) أوجد سطح قطاع سلك يحمل تيارا شدته ٦٥ أمبير لمسافة ٣٠٠ ياردة اذا كان الضغط المفقود في السلوك هو ٢٫٥

فولت مع العلم بأن المقاومة النوعية للنحاس ٦٦ر٠ ميكرو أوهم للبوصة المكعبة (الجواب ٣٨٩ر٠)

ملحوظة (الطول يضرب فى ٢ لأن هناك سلكين سلك ذهاب وآخر إياب لسير التيار)

(١٩) عمارة تضاء بعدد من المصابيح قدرها ٣٠٠ جهد كل مصباح ٢٢٠ فولت وتبعد عن المحطة الكهربائية بمقدار ٣٥٠ ياردة والشدة اللازمة لكل مصباح ١٥ر٠ أمبير وسطح قطاع السلوك الموصلة ٤٠ر٠ بوصة مربعة أوجد الجهد عند المحطة الكهربائية (الجواب ٢٤٠)

(٢٠) مولد يغذي منزلا به ١٠٠ مصباح شدة التيار اللازمة لكل مصباح ٢ر٠ أمبير والمنزل يبعد عن المولد بمسافة ٣٠٠ ياردة والمطلوب معرفة سطح قطاع السلوك الموصلة اذا كان المفقود بالسلوك ٥ ٪ من القدرة الكهربائية مع العلم بأن المصابيح متصلة بالتوازي تحت جهد قدره ٢٠٠ فولت وأوجد أيضا ضغط المولد (الجواب ٠٢٧٥ر ، ٢١٠)

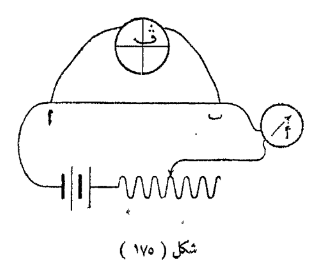


الباب السادس

طرق قياس المقاومة

بند (١٢٤) طريقة قياس المقاومة بواسطة أمبير متر وفولتمتر

هـذه الطريقة هي أبسط الطرق العملية لقياس قيمة أي مقاومة وكيفية ذلك هي أن توصل المقاومة (ا ب) المراد قياس مقدارها في دائرة كهربائية كالمبينـة (بشكل ١٧٥) محتوية على مقاومة منظمة لتنظم شـدة التيار وأمبيرمتر ليسجل قيمته وفولتمتر على طرفي المقاومة ليسجل فرق الجهد بين طرفيها. وبتطبيق قانون أوهم تكون :



شكل (١٧٥)

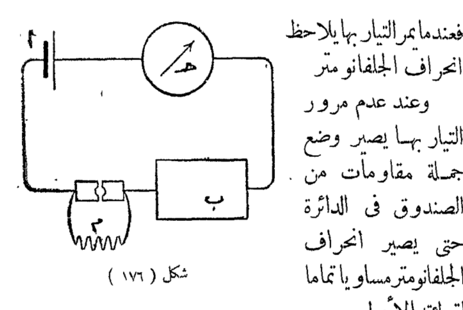
$$\text{المقاومة المطلوبة} = \frac{\text{قراءة الفولتمتر}}{\text{قراءة الأمبير متر}}$$

ولكن هذه الطريقة لاتفى أحيانا بالغرض المطلوب فاذا كان مقدار المقاومة كبيرا والجهد مقداره قليل فتكون شدة التيار صغيرة جداً ونكون معرضين وقت القراءة لجهاز الأمبير متر للخطأ لأنه لو أخذت قراءة غير صحيحة ناشئة من التقريب تسبب عن ذلك خطأ كبير في قياس المقاومة كذلك أيضا اذا كانت شدة التيار المارة بالدائرة كبيرة فان درجة حرارة السلك المراد قياس مقاومته ترتفع وهذه الحرارة تؤثر على مقدار المقاومة

لذلك عملت أجهزة حساسة لقياس قيمة المقاومات مهما كانت قيمتها

بند (١٢٥) طريقة قياس المقاومة بالتعويض

توصل المقاومة المراد قياس قيمتها في دائرة كهربائية كالمبينة بشكل (١٧٦) محتوية على عمود ابتدائى (ا) كينبوع كهربائى يغذي دائرة محتوية على صندوق مقاومات (ب) متصل بالتوالى مع جلفانومتر (حـ) وأيضا مع المقاومة (م) المطلوب قياسها وهذه المقاومة موضوعة على طرفي خوصتين متجاورتين يمكن انفصالهما عن بعضهما بقطعة نحاس مخروطية الشكل بحيث اذا رفعت هذه القطعة مر تيار الدائرة بالمقاومة واذا لم ترفع لا يمر التيار بها



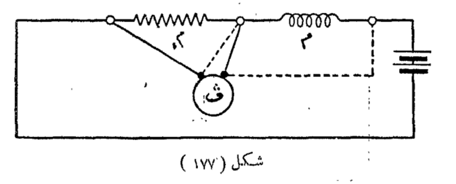
شكل (١٧٦)

فعندما يمر التيار بها يلاحظ انحراف الجلفانومتر وعند عدم مرور التيار بها يصير وضع جملة مقاومات من الصندوق فى الدائرة حتى يصير انحراف الجلفانومتر مساويا تماما لقراءته الأولى

فتكون اذن قيمة المقاومة تساوى قيمة المقاومات المعلومة من صندوق المقاومات

بند (١٢٦) طريقة قياس المقاومة بواسطة مقاومة معلومة :

توصل المقاومة المراد قياسها (م) بالتوالى مع مقاومة معلومة (م١) فى دائرة كهربائية كما هو مبين بشكل (١٧٧)



شكل (١٧٧)

وبواسطة فولتمتر واحد يمكن معرفة فرق الجهد على طرفي المقاومة

المجهولة وليكن $ح$ وأيضا على طرفي المقاومة المعلومة وليكن $ح_١$

فيكون $\frac{\text{فرق الجهد على طرفي المقاومة المعلومة}}{\text{قيمة المقاومة المعلومة}}$ يساوى

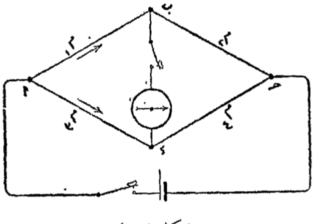
$$\frac{\text{فرق الجهد على طرفي المقاومة المجهولة}}{\text{قيمة المقاومة المجهولة}}$$

أي $\frac{ح_١}{م_١} = \frac{ح}{م}$

وحيث ان هناك ثلاثة معالم معروفة من التجربة فيمكن ايجاد المجهول الرابع من التناسب المذكور

بند (١٢٧) طريقة قياس المقاومة بواسطة كبرى ويت ستون

هذه الطريقة هى المستعملة بكثرة نظرا لدقتها ونظريتها كالآتى اذا فرض ان النقطتين ا و ح شكل (١٧٨) اتصلتا بفرعين ا ب ح و ا ء ح بالتوازى وكان المراد ارسال تيار كهربائى من



شكل (١٧٨)

النقطة ا الى النقطة حـ فان هذا التيار يتجزأ بين الفرعين ا ب حـ ، ا ء حـ ومن الشرح السابق بخصوص سقوط الجهد فى الموصلات يمكن ايجاد نقطة مثل ء فى الفرع ا ء حـ جهدها يساوى جهد النقطة ب فى الفرع ا ب حـ وفي هذه الحالة ينتج ان فرق الجهد من ا الى ء يساوى فرق الجهد من ا الى ب وينتج أيضا أن نسبة مقاومة الجزء ا ء الى الجزء ا ء حـ تساوى نسبة مقاومة الجزء ا ب الى الجزء ا ب حـ

فاذا فرضنا ان مقاومة الطول ا ب = م_1 ، ب حـ = م_2 ، ا ء = م_3 ، حـ ء = م_4 وان الجهد عند ب = الجهد عند ء ينتج أن : —

$$\frac{\text{م}_1}{\text{م}_1+\text{م}_2} = \frac{\text{م}_3}{\text{م}_3+\text{م}_4} \quad \text{أو} \quad \frac{\text{م}_1+\text{م}_2}{\text{م}_1} = \frac{\text{م}_3+\text{م}_4}{\text{م}_3}$$

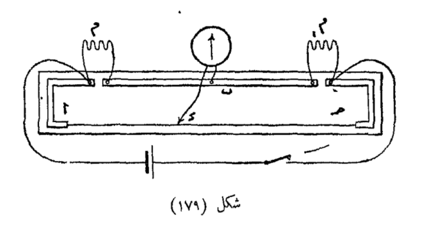
$$1+\frac{\text{م}_2}{\text{م}_1} = 1+\frac{\text{م}_4}{\text{م}_3} \quad \therefore \frac{\text{م}_2}{\text{م}_1} = \frac{\text{م}_4}{\text{م}_3} \quad \text{أو} \quad \frac{\text{م}_1}{\text{م}_2} = \frac{\text{م}_3}{\text{م}_4}$$

ومن هذه المعادلة يمكن ايجاد مقدار احدى المقاومات اذا علمت مقادير الثلاث الاخري

وتطبيقا على نظرية ويت ستون هذه عمل جهازان شهيران هما «أولا» السلك المترى «ثانيا» صندوق مصلحة البوسطة

بند (١٢٨) طريقة قياس المقاومة بواسطة جهاز السلك المتري

يتكون جهاز السلك المترى من ثلاث خوص نحاسية منفصلة عن بعضها ومتصلة بسلك من النحاس (ا هـ) طوله متر ومساحة مقطعة المستعرض مليمتر مربع وبجواره مسطرة مدرجة وتوضع المقاومة المعلومة ($م_١$) والمقاومة المجهولة (م) بين انفصال قطع النحاس شكل (١٧٩) وفى وسط قطعة النحاس الوسطى النقطة (ب)



شكل (١٧٩)

يثبت بها سلك أحد طرفي الجلفانومتر وسلك طرفه الآخر متصل بنقطة (ى) تتحرك على طول السلك ا هـ

فاذا مر التيار الكهربائى وحركت النقطة (ى) الى موضع كان انحراف الجلفانومتر عنده صفر يكون الجهد عند (ب) مساو الى الجهد عند (ى)

$$\text{ويكون } \frac{م}{م_١} = \frac{\text{مقاومة السلك الذى طوله ا ى}}{\text{مقاومة السلك الذى طوله ى هـ}}$$

وبما أن $\frac{\text{مقاومة السلك ا ء}}{\text{مقاومة السلك ء هـ}} = \frac{\text{الطول ا ء}}{\text{الطول ء هـ}}$ لأن معدنها واحد وسطح مقطعها المستعرض واحد

فتكون $\frac{م}{م_{١}} = \frac{\text{الطول ا ء}}{\text{الطول ء هـ}}$ ∴ $م = م_{١} \times \frac{\text{الطول ا ء}}{\text{الطول ء هـ}}$

وحيث أن $م_{١}$ معلومة قيمتها وان الطول ا ء ، ء هـ يمكن معرفته من المسطرة المدرجة إذن يمكن معرفة قيمة المقاومة المجهولة م من التناسب المذكور

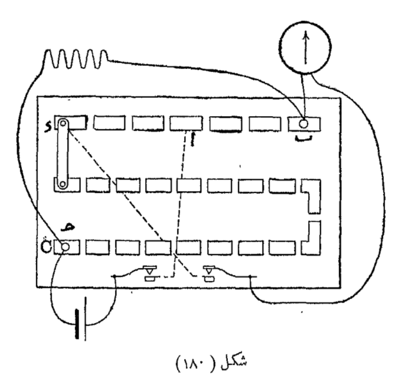
بند (١٢٩) طريقة قياس المقاومة بواسطة صندوق مصلحة البوستة

في هذه الطريقة يستعمل صندوق مركب من جملة ملفات معلومة مقاوماتها وموضوعة بحيث تكوّن ثلاث أذرع من كبرى ويت ستون وهى اب ، ا ء ، حـ ء والرابع هو عبارة عن المقاومة المراد قياسها وهذه الملفات التى فى الصندوق تتصل نهاياتها بقطع نحاسية منفصلة عن بعضها بفتحات مخروطية بحيث يمكن أن يوضع بها مسامير مخروطية من النحاس أيضا وعند وضع هذه المسامير تكون الملفات متصلة وعند رفعها تكون منفصلة

وكل من الذراعين اب ($م_{١}$) ، ا ء ($م_{٢}$) يحتوى على ثلاثة ملفات مقاوماتها ١٠ ، ١٠٠ ، ١٠٠٠ أوهم ويقال لهما

ذراعى النسبة والذراع هـ ء (م٤) يسمى ذراع المقاومات المتغيرة ويتكون من ملفات تختلف مقاوماتها بين ١ و ١٠٠٠٠ أوهم والذراع الرابع ب ح (م٢) هذا الذي يوضع به المقاومة المجهولة المراد معرفة قيمتها

وكيفية استعماله هى ان توصل المقاومة المجهولة (م٢١) بين ب و هـ شكل (١٨٠) ويرفع من الصف (ا ب) ١٠ أوهم ويرفع مثلها من الصف (ا ء) فيلاحظ انحراف الجلفانومتر وبعد ذلك



شكل (١٨٠)

ترفع مقاومات مختلفة من الذراع هـ ء حتى يشاهد ثبوت الجلفانومتر على الصفر فيكون مقدار مارفع من الذراع هـ ء مساويا الى المقاومة

المجهولة وذلك لان $م_٢ = \frac{م_١ \times م_٤}{م_٣} = \frac{١٠}{١٠} \times م_٤$ ∴ $م_٢ = م_٤$

واذا أريد ايجاد المقاومة مقربة لرقم عشرى واحـد فأنه يرفع من الصف (اب) ١٠ أوهم ٥ من الصف (اء) ١٠٠ أوهم

وذلك لأن $م_٢ = \frac{١٠}{١٠٠} \times م_٤ = ١ر٠ م_٤$

وكذلك اذا أريد إيجاد المقاومة لرقمين عشريين نرفع ١٠ أوهم من الصف اب ٥ ١٠٠٠ أوهم من الصف اء

وذلك لأن $م_٢ = \frac{١٠}{١٠٠٠} \times م_٤ = ٠١ر٠ م_٤$

وسمى هذا الجهاز بصندوق مصلحة البوستة لكثرة استعماله في مصلحة التلفونات والتلغرافات لمعرفة محل القطع أو الخلل فى السلوك

وطريقة استعماله لذلك هى : اذا فرض وحصل قطع لسلك ما فأننا نوجد مقدار مقاومة هذا السلك المقطوع بواسطة صندوق البوستة بأن نوصل طرف السلك الموجود بالمكتب مثلا بالطرف (ب) للصندوق ثم نصل الطرف (حـ) بالأرض وبذلك تكمل دائرة كهربائية يعتبر فيها السلك التلغرافي المقطوع سلك ذهاب

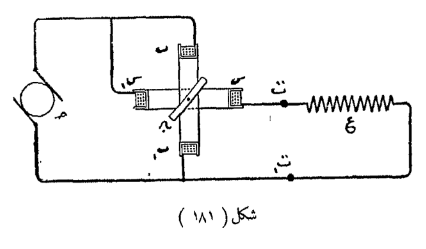
والأرض سلك إياب و بما أن الارض عبارة عن موصل كهربائى عديم المقاومة تقريبا لذلك يمكن معرفة مقاومة السلك وحيث أن معدنه معروف فيمكن معرفة مقاومته النوعية و بما أننا نعلم مقدار قطره أيضا اذن يمكن حساب سطح مقطعه

$$\text{وحيث ان المقاومة} = \text{المقاومة النوعية} \times \frac{\text{الطول}}{\text{سطح المقطع}}$$

لذلك يمكن من هذه المعادلة إيجاد طول السلك من المكتب حتى محل القطع لأن جميع الكميات الأخري في المعادلة قد علمت

بند (١٣٠) الأوهمتر

الأوهمتر عبارة عن جهاز يمكن بواسطته قياس المقاومة مباشرة بدون إجراء اي عملية حسابية و يتركب كما فى الشكل من مولد



شكل (١٨١)

كهربائى (ح) يدار باليد يقال له ماجنيتو يولد تيارا يختلف جهده

من ٣٠٠ الى ١٠٠٠ فولت ويكون جهده ٥٠٠ فولت اذا دار باليد بسرعة ١٥٠ دورة فى الدقيقة ومن ملف (س س١) متصل بالتوالى في دائرته بحيث اذا مر التيار به فانه يولد قوة مغناطيسية مناسبة الى الشدة

ومن ملف آخر (ب ب١) متصل بالتوازى في دائرته بحيث اذا مر التيار به فأنه يولد قوة مغناطيسية مناسبة الى الضغط وفي وسطهما أبرة مغناطيسية (ه) بها مؤشر يتحرك على قرص مدرج والطرفان ت و ت١ هما طرفا الجهاز اللذين بهما توصل المقاومة المراد قياسها فالملف (س س١) يؤثر على الابرة بحيث يجعلها تأخذ اتجاهاعموديا على خطوط القوى الخارجة منه اى تتجه اتجاها رأسيا

اما الملف (ب ب١) فيؤثر على الابرة المغناطيسية ويجعلها تأخذ اتجاها عموديا على خطوط القوى الخارجة منه اى تتجه اتجاها أفقيا

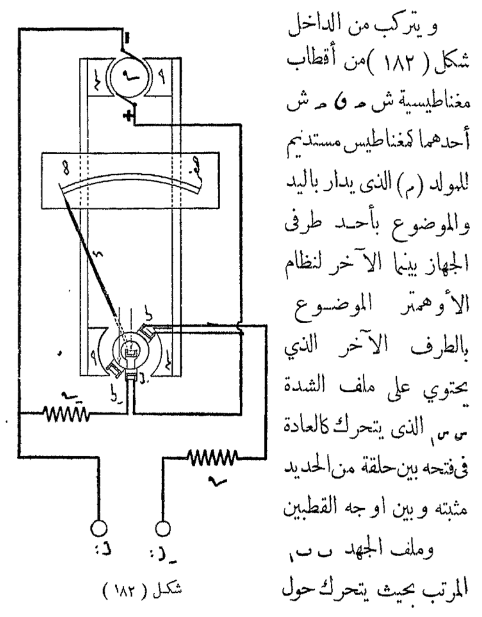
وتتجه الأبرة أخيرا اتجاها مناسبا للتأثيرين الواقعين عليها فتأخذ اتجاه محصلة هذين التأثيرين اي مناسبة لخارج قسمة الضغط على الشدة اذن يتناسب انحراف الابرة مع المقاومة المراد قياسها فعندما يدار الجهاز ولم يكن متصلا باي مقاومة ما (دائرته مفتوحة او متصل بمقاومة لا نهائية) فلا يمر اى تيار بالملف س س١ ولكن

جزء منه يمر بالملف (ب ب$_1$) مناسبا لجهد المولد وهذا يحدث مجالا مغناطيسيا في الوسط عمودي على سطح الملف (ب ب$_1$) فتتحرك بذلك الابرة المغناطيسية و يتحرك المؤشر حيث يسجل الى ما لا نهاية واذا اتصل الجهاز بمقاومة فيمر تيار بالملف س س$_1$ وهذا يحدث مجالا مغناطيسيا آخر عمودى على مجال الملف ب ب$_1$ فتنحرف الابرة في اتجاه محصلة هذين التأثيرين

وحيث ان التأثير للملف ب ب$_1$ مناسب للجهد (ﻫ) وللملف س س$_1$ مناسب للشدة والتى = $\frac{ض}{م}$ فيكون عزم الازدواج الناتج من المحصلة يتزن عندما يكون الانحراف مناسبا الى $\frac{1}{م}$ وعلى ذلك ينحرف المؤشر انحرافا كبيرا عندما تكون قيمة المقاومة صغيرة والعكس بالعكس

و يستعمل هذا الجهاز لقياس مقاومة المواد العازلة للسلوك الموصلة لتيار كهربائى سواء أكانت مستعملة للانارة ام ادارة محركات عند تمام تركيبها قبل ان يمر التيار الكهربائى بها خوفا من حدوث اى خطر ما

بند (١٣١) الميجر :— هو التحسين الاخير لجهاز الاوهمتر والمستعمل بكثرة فى قياس مقاومات العزل الكبيرة المقدرة بالميجا أوهم ونظريته كنظرية الاوهمتر غير ان تركيبه الداخلى مختلف عنه كثيرا



شكل (١٨٢)

و يتركب من الداخل شكل (١٨٢) من أقطاب مغناطيسية ش ٥ ش أحدهما كمغناطيس مستديم للمولد (م) الذى يدار باليد والموضوع بأحد طرفى الجهاز بينما الآخر لنظام الأوهمتر الموضوع بالطرف الآخر الذي يحتوي على ملف الشدة س س، الذى يتحرك كالعادة فى فتحه بين حلقة من الحديد مثبته و بين اوجه القطبين وملف الجهد ب ب، المرتب بحيث يتحرك حول السطح الخارجى للحلقة الحديدية المثبتة وهذان الملفان متصلان احدهما بالآخر بحيث يمكن ان يتحركا بحرية فاذا مر تيار في ملف الشدة فقط فان الملف يتحرك و يتحرك معه المؤشر (ء) واذا

مر تيار فى ملف الجهد فقط فان الملف يتحرك الى الموضع المبين بشكل (١٨٢)

فاذا كانت المقاومة المراد قياسها الى ما لا نهاية اي أنه لا يمر تيار فى ملف الشدة فان المؤشر يتحرك بحيث يسجل الى ما لانهاية

و اذا أريد قياس مقاومة ما فيمر تيار في ملف الشدة فيتحرك و يحدث عزم في أتجاه عقرب الساعة مناسب الى الشدة اى الى $\frac{\text{الجهد}}{\text{المقاومة}}$

بينما العزم الاصلى الحادث من ملف الجهد يزداد بازدياد مرور التيار في ملفه وهذا العزم يتناسب مع الجهد

وعندما يتساوى العزمان فان الانحراف يكون متناسبا مع مقلوب المقاومة . وهذا الجهاز اكبر حساسة من الأوهمتر ويمكن تدريجه ليقرأ لغاية ٢٠٠٠ ميجا أوهم ومن ميزته أنه لا يتأثر بالمغناطيسيات الخارجية

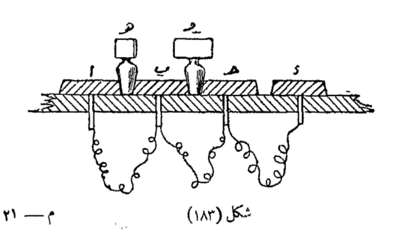
بند (١٣٢) صناديق المقاومات : — سبق ان وضحنا ان المقاومة هى خاصية فى الاجسام التى توصل الكهرباء تجعل هذه الاجسام تعوق سير التيار فيها وبرهنا أيضا على ان قيمة مقاومة اى سلك تساوي مقاومته النوعية مضروبا فى طول السلك ومقسوما على سطح المقطع المستعرض له أنظر بند (٩٨)

أذن يمكن عمل ملف مقاومته معلومة اذا علم معدن السلك المصنوع منه الملف وطوله وسطح مقطعه

ولقد وجد بالتجارب على ان المقاومة النوعية لجملة سبائك معدنية مثل الفضة البلاتينية الالمانية والمانجنين وسبيكة (النحاس والنيكل والمانجنين) اكبر بكثير مما اذا كانت من معادن صافية غير ممزوجة بأى معدن آخر وان مقاومتها أيضا لا تتغير كثيرا بارتفاع درجة حرارتها

وعلى ذلك يفضل استعمال هذه السبائك في صناديق المقاومات والمعدن المستعمل بكثرة بها هو الفضة البلاتينية وهى تحتوي على ٦٧ جزء من البلاتين و ٣٣ جزء من الفضة

وكيفية عمل المقاومة هو ان يلف السلك حول نفسه من الوسط مرتين على بكرة بشكل ملف منعا للتأثير النفسى والتأثير المغناطيسى اذا كان هناك مجال مغناطيسى مجاور له وتلحم نهايتا السلك في مسمارين قلاووظ او يوضع في صندوق مع جملة مقاومات أخري يقال له صندوق المقاومات و يعمل السطح العلوى لصندوق المقاومات من مادة عازلة ملصوق بها جملة خوص من النحاس الاصفر ا و ب و حـ و ء شكل (١٨٣) منفصلة عن بعضها



شكل (١٨٣)

ومرتبة بحيث يمكن وضع قطع مخروطية الشكل من النحاس الاصفر كما فى الشكل وتوصل كل خوصتين متجاورتين توصيلا كهربائيا

وقد وضع مسماران قلاووظ عند ابتداء ونهاية الخوص الكلية النحاسية لتربط فيها السلوك الموصلة للتيار الكهربائى

فعند ما يمر اي تيار كهربائى بالصندوق وجميع القطع فى مكانها فأنه يمر بالخوص النحاسية جميعها و لا يخترق اى مقاومة ما ولقد عملت الخوص النحاسية عريضة السمك بحيث يمكن إهمال مقاومتها واذا رفعت القطعة ﻫ مثلا فأن التيار يمر من الخوصة ا الى الخوصة ب مخترقا المقاومة الموضوعة بين الخوصتين ا و ب ويكون اذن استعملت هذه المقاومة في الدائرة الكهربائية

وترتب عادة مقاومة الملفات الموضوعة بصناديق المقاومات كالآتى

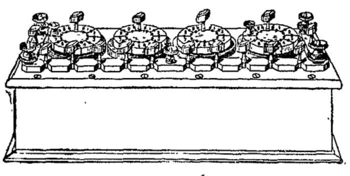
١	٢	٢	٥
١٠	١٠	٢٠	٥٠
١٠٠	١٠٠	٢٠٠	٥٠٠

فاذا مر التيار بالاربع الملفات الاول فأنه يخترق مقاومة قدرها ١٠ أوهم واذا مر بالاثنى عشر ملفا المحتوى عليها الصندوق فأنه يخترق مقاومة قدرها ١٠٠٠ أوهم

وفى بعض الاحيان تعمل الصناديق بحيث تكون مقاومتها على الترتيب الآتى

١ و ٢ و $٢^{٢}$ و $٢^{٣}$ ...... الخ

وشكل (١٨٤) يبين صندوقا من صناديق المقاومات



شكل (١٨٤)

بند (١٣٣) المعامل الحراري للمقاومات ذكرنا فيما سبق أنه اذا زادت درجة حرارة سلك معدنى زادت مقاومته فمثلا اذا كانت مقاومة سلك معدنى واحد أوهم عند درجة حرارة معلومة و زادت درجة حرارته درجة واحدة مئوية فان مقدار مقاومته تزداد بمقدار مساو للمعامل الحرارى لهذه المقاومة (ا) والجدول الآتى

درجة الحرارة	المقاومة بالأوهم	درجة الحرارة	المقاومة بالاوهم
صفر درجة مئوى	١	١٥° درجة مئوى	١ر٠٦٣٩٧٥
١° »	١ر٠٠٤٢٦٥	١٥ر٦° »	١ر٠٦٦٣٢١
٢° »	١ر٠٠٨٥٣٠	١٦° »	١ر٠٦٨٢٤٠
٣° »	١ر٠١٢٧٩٥	٧٦ر١° »	١ر٠٦٧٧٠٩
٤° »	١ر٠١٧٠٦٠	٢٠° »	١ر٠٨٥٣٠٠
٥° »	١ر٠٢١٣٢٥	٢١° »	١ر٠٨٩٥٦٥

يبين نتائج تجربة عملت بكل دقة على سلك مقاومته واحد أوهم من معدن النحاس الاحمر المستعمل فى التوصيلات الكهربائية عند درجات حرارة مختلفة

فالسلك النحاس الأحمر الذى مقاومته واحد أوهم عند درجة حرارة صفر مئوى تكون مقاومته ١ر٠٠٤٢٦٥ عندما ترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية فتكون زيادة المقاومة عبارة عن ٠ر٠٠٤٢٦٥ عند زيادة قدرها درجة واحدة مئوية

ويكون اذن المعامل الحرارى للنحاس الاحمر هو ٠ر٠٠٤٢٦٥

من ذلك نرى أنه اذا كانت مقاومة مقدارها واحد أوهم عند درجة حرارة قدرها صفر مئوى فان هذه المقاومة تزداد بمقدار وحينئذ تصير المقاومة (١ + ا ع)

فاذا كانت مقاومة سلك هى م عند درجة صفر مئوى وازدادت درجة حرارته ع من الدرجات المئوية فان مقاومته تصير م ع بحيث تكون م ع = م (١ + ا ع)

ومنه

م ع ÷ م = ١ + ا ع

او $\frac{\text{م ع}}{\text{م}}$ — ١ = ا ع

$\frac{\text{م ع} - \text{م}}{\text{م}}$ = ا ع

فاذا كانت زيادة درجة الحرارة ع = درجة واحدة مئوية فأن

$$\frac{م_ع - م}{م} = ا = \text{المعامل الحرارى}$$

ومنه نرى أن المعامل الحرارى عبارة عن الزيادة فى المقاومة لكل أوهم عندما تزداد درجة الحرارة درجة واحدة مئوية

أمثلة تطبيقية :

(١) ملف من النحاس الأحمر مغمور في ماء مثلج (صفر مئوى) فاذا قطع منه طول مقاومته واحد أوهم ووضع فى ماء مغلى (١٠٠° مئوية) فأوجد مقاومته بعدئذ

الحـــل

م ع = م (١ + ا ع) ∴ م ع = ١ (١ + ٠٠٠٤٢٦٥ر٠ × ١٠٠)
= ١ + ٤٢٦٥ر٠ = ٤٢٦٥ر١ أوهم

(٢) اذا كانت مقاومة سلك من النحاس الأحمر وهو فى درجة حرارة ٥½ مئوي هى ٩٦ أوهم فما هى مقدار مقاومة اذا زادت درجة حرارته بحيث صارت ٣٠° مئوى

الحـــل

م ع = م (١ + ا ع) ∴ م ع = ٩٦ (١ + ٠٠٠٤٢٦٥ر٠ × ٥ر٢٤)
= ٩٦ (١ + ٠١٠٥٣ر٠) = ٩٦ × ١٠٥ر١ = ١٠٦ أوهم تقريبا

(٣) مقاومة سلك من النحاس وجدت ٢٠٦٤ أوهم عندما كان فى درجة الصفر المئوى و ٢٢٦٢ أوهم عند ما كان في درجة ٢٤ مئوية فما هو المعامل الحرارى لهذه المقاومة

الحـــل

مع = م (١ + اع)

∴ ٢٢٦٢ = ٢٠٦٤ (١ + ١ × ٢٤)

٢٢٦٢/٢٠٦٤ = ١ + ١ × ٢٤

٢٢٦٢/٢٠٦٤ − ١ = ١ × ٢٤

٠٩٦ر = ١٢٤ ∴ ا = ٠٩٦ر/٢٤ = ٠٠٤ر

أســـئلة

(١) ما فائدة صناديق المقاومات ؟ أذكر من أي المعادن تضع ملفاتها

(٢) كيف يمكنك قياس قيمة أي مقاومة ما بواسطة أمبير متر وفولتمتر ؟ ارسم التوصيلة الكهربائية اللازمة لذلك

(٣) اشرح التجربة اللازمة لمعرفة قيمة مقاومة مجهولة بواسطة مقاومة اخرى معلومة

(٤) أذكر الطرق التى يمكنك بها قياس قيمة اى مقاومة ما وأيها أحسن وأدق في الأحوال الآتية

(ا) مقاومة سلك سميك ذي طول صغير (ب) ملف مقاومته ٢٠ أوهم (حـ) مقاومة ملف ثانوي استنتاجى

(٥) يوجد لديك بعض المصابيح الكربونية والمعدنية ويراد معرفة مقاومة كل — اشرح التجربة التى تستعملها لذلك

(٦) إشرح نظرية كبرى ويت ستون وبين أنه يمكن وضع البطارية مكان الجلفانومتر والعكس

(٧) إشرح مع الرسم اى جهاز عمل على نظرية كبرى ويتستون وبين كيف يمكن قياس مقاومة مجهولة بواسطة أخرى معلومة على هذا الجهاز .

(٨) إرسم جهاز مصلحة البوستة المتأسس على نظرية كبري ويت أستون وبين كيف يمكن قياس المقاومات الكبيرة والصغيرة بواسطته

ثم إشرح أيضا كيفية استعمال هذا الجهاز في مصلحة التلغراف والتليفونات لمعرفة مكان قطع السلوك

(٩) هل تزداد مقاومة اى سلك بازدياد درجة حرارته ولماذا ؟

(١٠) ملف من النحاس مقاومته ٥٠ أوهم عندما تكون درجة حرارته ٦٠ فهرنهيت وعندما يمر تيار كهربائى به لمدة من الزمن وجد ان مقاومته صارت ٥٥ أوهم أحسب درجة حرارة هذا الملف

(الجواب ١٠٥ فهرنهيت)



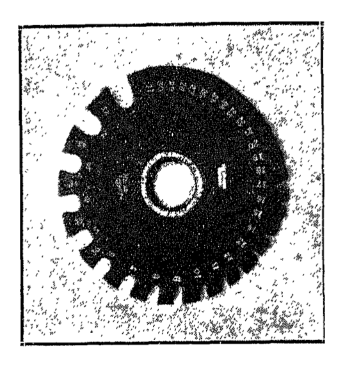
الباب السابع

الموصلات وأنواعها

بند (١٣٣) الموصلات والكابل

تستعمل الموصلات لنقل التيار الكهربائى من مكان التوليد الى مكان الاستهلاك وهذه الموصلات يجب ان تكون معزولة منعا لتسرب التيارات وحدوث القصر وتختلف باختلاف استعمالها فمنهاما تكون موصلات رئيسية مركبة على أعمدة خشبية او معدنية او موصلات رئيسية ممدودة تحت الأرض او في قاع البحار او موصلات تستعمل في العمارات والمنازل وتكون السلوك فى العادة ذات مقطع دائرى و يمكن قياسها بواسطة ضبعة قياس معروفة (ضبعة قياس رقم الموصل القانونى) شكل (١٨٥)

وهذه تعطى رقم السلك القانونى ومنه يمكن معرفة قطر السلك وسطح مقطعه المستعرض من جدول الأسلاك

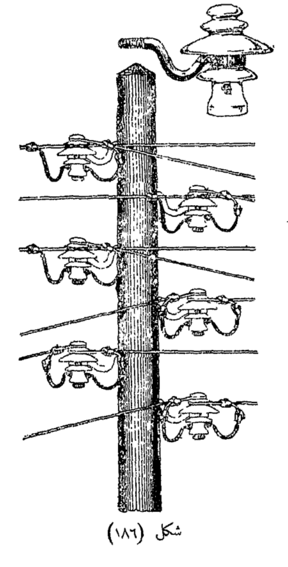


(شكل ١٨٥)

رقم السلك القانونى	القطر		سطح المقطع	
	بالبوصة	بالملليمتر	بوصة مربعة	ملليمتر مربع
١	٠ر٣٠٠	٨ر٦٢٠	٠ر٠٧٠٦٩	٤٥ر٦٠
٢	٠ر٢٧٦	٧ر٠١٠	٠ر٠٥٩٨٣	٣٨ر٦٠
٣	٠ر٢٥٢	٦ر٤٠١	٠ر٠٤٩٨٨	٣٢ر١٨
٤	٠ر٢٣٢	٥ر٨٩٣	٠ر٠٤٢٢٧	٢٧ر٢٧
٥	٠ر٢١٢	٥ر٣٨٥	٠ر٠٣٥٣٠	٢٢ر٧٧
٦	٠ر١٩٢	٤ر٨٧٧	٠ر٠٢٨٩٥	١٨ر٦٨
٧	٠ر١٧٦	٤ر٤٧٠	٠ر٠٢٤٣٣	١٥ر٧٠

رقم السلك القانوني	القطر		سطح المقطع	
	بالبوصة	بالمليمتر	بوصة مربعة	ملليمتر مربع
٨	٠ر١٦٠	٤ر٠٦٤	٠ر٠٢٠١١	١٢ر٩٧
٩	٠ر١٤٤	٣ر٦٥٨	٠ر٠١٦٢٩	١٠ر٥١
١٠	٠ر١٢٨	٣ر٢٥١	٠ر٠١٢٨٧	٨ر٣٠٣
١١	٠ر١١٦	٢ر٩٤٦	٠ر٠١٠٥٧	٦ر٨١٩
١٢	٠ر١٠٤	٢ر٦٤٢	٠ر٠٠٨٤٩٥	٥ر٤٨٠
١٣	٠ر٠٩٢	٢ر٣٣٧	٠ر٠٠٦٦٤٨	٤ر٢٨٩
١٤	٠ر٠٨٠	٢ر٠٣٢	٠ر٠٠٥٠٢٧	٣ر٢٤٣
١٥	٠ر٠٧٢	١ر٨٢٩	٠ر٠٠٤٠٧٢	٢ر٦٢٧
١٦	٠ر٠٦٤	١ر٦٢٦	٠ر٠٠٣٢١٧	١ر٠٧٥
١٧	٠ر٠٥٦	١ر٤٢٢	٠ر٠٠٢٤٦٣	١ر٥٨٩
١٨	٠ر٠٤٨	١ر٢١٩	٠ر٠٠١٨١٠	١ر١٦٨
١٩	٠ر٠٤٠	١ر٠١٦	٠ر٠٠١٢٥٧	٠ر٨١٠٩
٢٠	٠ر٠٣٦	٠ر٩١٤٤	٠ر٠٠١٠١٨	٠ر٦٥٦٧
٢١	٠ر٠٣٢	٠ر٨١٢٨	٠ر٠٠٠٨٠٤	٠ر٥١٨٨
٢٢	٠ر٠٢٨	٠ر٧١١٢	٠ر٠٠٠٦١٦	٠ر٣٩٧٣
٢٣	٠ر٠٢٤	٠ر٦٠٩٦	٠ر٠٠٠٤٥٢	٠ر٢٩١٩
٢٤	٠ر٠٢٢	٠ر٥٥٨٨	٠ر٠٠٠٣٨٠	٠ر٢٤٥٣
٢٥	٠ر٠٢٠	٠ر٥٠٨٠	٠ر٠٠٠٣١٤	٠ر٢٠٢٧
٢٦	٠ر٠١٨	٠ر٤٥٧٢	٠ر٠٠٠٢٥٤	٠ر١٦٤٢

رقم السلك القانوني	القطر بالبوصة	القطر بالمليمتر	سطح المقطع بوصة مربعة	سطح المقطع مليمتر
٢٧	٠ر٠١٦٤	٠ر٤١٦٦	٠ر٠٠٠٢١١	٠ر١٣٦٢٨
٢٨	٠ر٠١٤٨	٠ر٣٧٥٩	٠ر٠٠٠١٧٢	٠ر١١٠٩٩
٢٩	٠ر٠١٣٦	٠ر٣٤٥٤	٠ر٠٠٠١٤٥	٠ر٠٩٣٧٢٢
٣٠	٠ر٠١٢٤	٠ر٣١٤٩	٠ر٠٠٠١٢١	٠ر٠٧٧٩١٠
٣١	٠ر٠١١٦	٠ر٢٩٤٦	٠ر٠٠٠١٠٦	٠ر٠٦٨١٨١
٣٢	٠ر٠١٠٨	٠ر٢٧٤٣	٠ر٠٠٠٠٩١٦	٠ر٠٥٩١٠٢
٣٣	٠ر٠١٠٠	٠ر٢٥٤٠	٠ر٠٠٠٠٧٨٥	٠ر٠٥٠٦٧٠
٣٤	٠ر٠٠٩٢	٠ر٢٣٣٧	٠ر٠٠٠٠٦٦٥	٠ر٠٤٢٨٨٧
٣٥	٠ر٠٠٨٤	٠ر٢١٣٤	٠ر٠٠٠٠٥٥٤	٠ر٠٣٥٧٥٣
٣٦	٠ر٠٠٧٦	٠ر١٩٣٠	٠ر٠٠٠٠٤٥٤	٠ر٠٢٩٢٦٧
٣٧	٠ر٠٠٦٨	٠ر١٧٢٧	٠ر٠٠٠٠٣٦٣	٠ر٠٢٣٤٣٠
٣٨	٠ر٠٠٦٠	٠ر١٥٢٤	٠ر٠٠٠٠٢٨٣	٠ر٠١٨٢٣١
٣٩	٠ر٠٠٥٢	٠ر١٣٢١	٠ر٠٠٠٠٢١٢	٠ر٠١٣٧٠١
٤٠	٠ر٠٠٤٨	٠ر١٢١٩	٠ر٠٠٠٠١٨١	٠ر٠١١٦٧٤
٤١	٠ر٠٠٤٤	٠ر١١١٨	٠ر٠٠٠٠١٥٢	٠ر٠٠٩٨١٠
٤٢	٠ر٠٠٤٠	٠ر١٠١٦	٠ر٠٠٠٠١٢٦	٠ر٠٠٨١٠٩
٤٣	٠ر٠٠٣٦	٠ر٠٩١٤	٠ر٠٠٠٠١٠٣	٠ر٠٠٦٥٦٧
٤٤	٠ر٠٠٣٢	٠ر٠٨١٣	٠ر٠٠٠٠٠٨٠	٠ر٠٠٥١٨٨
٤٥	٠ر٠٠٢٨	٠ر٠٧١١	٠ر٠٠٠٠٠٦٢	٠ر٠٠٣٩٧٣
٤٦	٠ر٠٠٢٤	٠ر٠٦١٠	٠ر٠٠٠٠٠٤٥	٠ر٠٠٢٩١٩
٤٧	٠ر٠٠٠٢	٠ر٠٥٠٨	٠ر٠٠٠٠٠٣١	٠ر٠٠٢٠٢٧

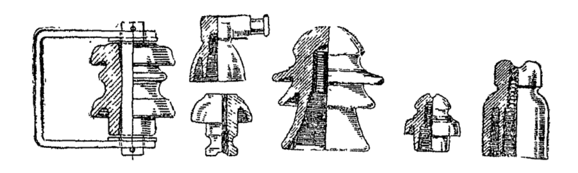

شكل (١٨٦)

ويلاحظ من الجدول أنه كلما كبر قطر السلك القانونى صغر قطره

فالموصلات الرئيسية الممدودة فوق الأعمدة إما أن تكون عارية أو مغطاة بطبقات من المواد العازلة

فاذا كانت عارية يجب تثبيتها على حوامل مصنوعة من مادة عازلة كالزجاج أو الصينى أو الخزف وهذه الحوامل مربوطة فى قوس من الحديد لسهولة تثبيتها فى الأعمدة أنظر شكل (١٨٦)

ويتغير مقاس أبعادها حسب الجهد المستعمل فاذا كان الجهد عاليا تستعمل عوازل مزدوجة أو مركبة من حافتين أو ثلاث حواف لكفاية الأمن وشكل (١٨٧) يبين أنواعا كثيرة من هذه العوازل مصنوعة بشكل يمنع حدوث الاتصال من تأثير



شكل (١٨٧)

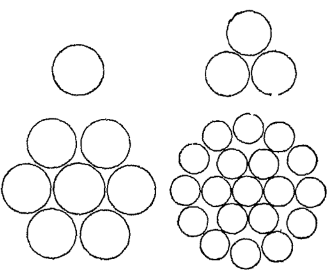
المطر أو الندى ويمكن استعمالها لجهود تختلف من ٢٠٠ فولت الى ٥٠٠٠ فولت

وتصنع السلوك عادة من معدن النحاس الأحمر أو من معدن الألومنيوم اذا كان الجهد قليلا وذلك لرخص ثمنه عن النحاس واما اذا كان الجهد عاليا فتكون من معدن النحاس

وليس من الضروري عمل الموصل من سلك واحد ذي مقطع مستعرض كبير بل قد يعمل غالبا من جملة سلوك رفيعة ملفوفة ومجدولة حول بعضها

وشكل (١٨٨) يبين موصلات ذات مقطع مستعرض مختلف مرتبة بحيث تحتوى من السلوك على الاعداد الآتية :

١ — ٣ — ٧ — ١٩ . . . . . . الخ



شكل (١٨٨)

و يلاحظ من تركيب السلوك في الموصل أن هناك حيزا بين السلوك و بعضها وهذا الحيز يؤثر فى سطح المقطع المستعرض الكلى للموصل ولكى يكون الحساب دقيقا نجد أن الموصلات المصنوعة بهذه الكيفية تذكر دائما بعدد السلوك التى تحتوي عليها وأيضا رقم السلك القانونى المستعمل فيها فمثلا الموصل ٧/١٦ معناه أن الموصل يحتوى على ٧ سلوك وان رقم السلك القانونى هو ١٦ وأيضا الموصل ١٩/١٨ معناه أن الموصل يحتوى على ١٩ سلك وان رقم السلك القانونى ١٨

و يجب أن يلاحظ تحديد شدة التيار المار فى أى موصل حتى لايحدث له تسخين كبير لانه اذا مر تيارا أكبر من المسموح به كان ذلك سببا في تلف المادة العازلة و ربما كان سببا أيضا في حدوث الحريق اذا كان بجوار السلك مواد قابلة للالتهاب و بما

أننا نعلم مما سبق أنه كلما زادت كثافة التيار زاد مقدار مايفقد من الجهد في هذا السلك نرى اذن كان من الضروري معرفة كثافة التيار الكهربائى بالموصل وتحديد هذه الكثافة لكيلا يصبح مقدار الجهد المفقود كبيرا وكثافة التيار هذه عبارة عن شدة التيار المار لكل بوصة مربعة أو لكل سنتيمتر مربع من سطح المقطع المستعرض وتحسب من القانون الآتى

$$\text{كثافة التيار} = \frac{\text{شدة التيار الكهربائى المار}}{\text{سطح المقطع المستعرض للموصل}}$$

فمثلا اذا مر تيار شدته ٦ أمبير في موصل رقمه القانونى ١٦ (أى سطح مقطعه المستعرض ٠٠٣٢١٧ر٠ بوصة مربعة) فتكون كثافة التيار الكهربائى $= \frac{٦}{٠٠٣٢١٧ر٠} =$ ١٨٦٥ أمبير لكل بوصه مربعة

والمقدار العادى المصرح به فى الموصلات حتى لاتصل درجة حرارتها الى درجة يخشى منها على مايجاورها من الاحتراق هو ١٥٠ أمبير لكل سنتيمتر مربع أو ١٠٠٠ امبير لكل بوصة مربعة تقريبا

ولكن هناك قانون آخر للحساب يسمى قانون «كلفن» نشرحه فيما يلى : —

لنفرض أننا نريد توصيل مقدار معلوم من التيار الكهربائى مسافة معلومة من محطة التوليد الى المكان الذى يستهلك فيه

فنكون إذن قد عرفناأطوال الأسلاك اللازمة و يبقى لنا أن نحدد المقطع المستعرض للسلك

فاذا استعملنا مقطعا مستعرضا صغيرا لهذا السلك كانت مقاومته أكبر وكان مقدار مايفقد من الجهد في هذا السلك بين محطة التوليد ومكان الاستهلاك مقدارا كبيرا وهذا الجهدالمفقود فى السلك يتبعه فقد فى الطاقة الكهربائية بين المكانين يقدر بمقدار الجهد المفقود مضروبا في مقدار التيار مضروبا فى الزمن وتكون نتيجة ذلك فقد فى الايراد لشركة التوليد

ولكن اذا فرضنا أننا جعلنا مقطع السلك كبيرا لكى تكون مقاومته قليلة ولكى تكون الطاقة المفقودة قليلة على قدرالامكان فاننا نحصل على سلك غليظ كبير الوزن وكبير الثمن لأن ثمن هذه الأسلاك يتبع لحد كبير مقدار وزن النحاس المستعمل فيها

ونتيجة ذلك ان رأس المال المدفوع ثمنا لهذه الأسلاك يكون كبيرا والفائدة المتحصلة من الأرباح تكون قليلة بالنسبة لرأس المال

فنكون إذن بين أمرين اما أن نجعل مقطع السلك صغيرا فيكون رأس المال المدفوع قليلا ومقابل ذلك نفقد بعض الايراد بالنسبة للطاقة المفقودة في الأسلاك

أو اننا نجعل المقطع كبيرا فنجعل الطاقة المفقودة قليلة مقابل جعل رأس المال المدفوع أكبر

ولهذا وجد اللورد كلفن القاعدة الآتية وهى :

أحسن مقطع للسلك يجعل ربح الشركة أكبر ما يمكن هو الذى يجعل الفائدة على رأس المال المدفوع ثمنا للأسلاك تساوي تماما ثمن الطاقة الكهربائية المفقودة على حسب تعريفة الاستهلاك التى تعينها الشركة

ولهذا نرى أنه في الممالك التى يكون فيها النحاس قليل الثمن تستعمل أسلاك ذات مقطع مستعرض أكبر من المعتاد ولكن في الممالك التى يكون فيها النحاس كبير الثمن بالنسبة لثمن الكيلوات ساعة تستعمل أسلاك مقطعها المستعرض أصغر من المعتاد تطبيقا للقاعدة السابقة ومن هذا فان البحث السابق ليس بحثا كافيا من جميع الوجوه لأننا لم ندخل فى هذا الاعتبار أننا يمكننا أن نغير الجهد المستعمل لأنه من المعلوم لنا أنه لنقل قدرة كهربائية = ١٠٠ كيلوات مثلا يمكننا أن ننقلها بجهد قدره ١٠٠٠ فولت وتيار قدره ١٠٠ أمبير أو بجهد قدره ١٠٠ فولت وتيار قدره ١٠٠٠ أمبير أو بأى حساب آخر يجعل حاصل الضرب ١٠٠٠٠٠ وات أو ١٠٠ كيلوات

ومن هذا نرى أنه يمكن لتقليل ما يفقد من الطاقة في الاسلاك الموصلة لمسافات بعيدة أن نستعمل جهداً عاليا يجعل مقدار التيار قليلا

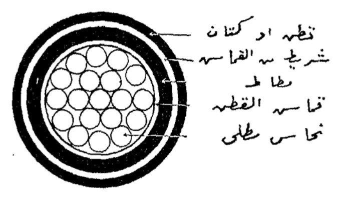
ومع هذا فاننا نرى أن التوسع فى هذا خارج عن موضوع كتابنا هذا وسنعالجه فى الجزء الثانى

بند (١٣٤) عزل الموصلات

المواد العازلة المستعملة بكثرة فى عزل الموصلات لمنع تسرب التيار هى المطاط والمواد المكبرتة المطاطة التى تشبه الكاوتشوك والقماش المصنوع من القطن او الكتان والمنقوع فى شمع البرافين وتستعمل في بعض الاحيان الأوراق العازلة

يستخرج المطاط من أشجار ذات عصير لبنيه تكثر في الهند وجنوب أفريقيا وأحسنها هى المستخرجه من أشجار جنوب أفريقيا (بارا) أما المواد المكبرتة المطاطة فهى عبارة عن مخلوط من المطاط والكبريت يمكن الحصول عليها بأضافة ١٠ ٪ من الكبريت الى المطاط وهذه تسخن بتأثير البخار بدون ان يختلط بها لدرجة ١٢٥° مئوى

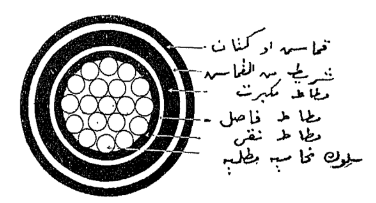
وشكل (١٨٩) يبين موصلا معزولا بمادة المطاط النقية



شكل (١٨٩)

وهذا الموصل يحتوي على سلوك نحاسية مطلية ملفوفة بطبقة من قماش القطن وفوقها طبقة او طبقتين من المطاط حسب استعمال

الموصل وملفوفة بشريط من القماش وبعد ذلك يلف الموصل جميعه بالقطن أو الكتان وشكل (١٩٠) يبين موصلا معزولا



شكل (١٩٠)

بمادة المطاط المكبرتة وهذا الموصل يحتوى على سلوك نحاسية مطلية وذلك منعاً لتأثير الكبريت وحدوث التأكسد وهذه ملفوفة بطبقة من المطاط النقى وفوقها طبقة فاصلة من المطاط وذلك منعا لتأثير الكبريت على السلوك النحاسية وفوقها أيضا طبقة من المطاط المكبرت وهذا ملفوف بشريط من القماش وبعدها يلف الموصل جميعه بالقطن او الكتان

اما الموصلات التى تمتد في باطن الأرض او فى قاع البحار او في الانفاق والتى تكون عرضة لتأثير الحوامض والرطوبة فأنها تحفظ عادة بأن توضع داخل غلاف من الرصاص المغطى بطبقة عازلة كالقار اللزج

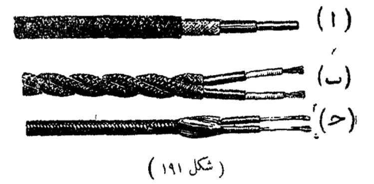
بند (١٣٥) أنواع الموصلات

الموصلات التى تستعمل فى الملفات المغناطيسية كالمحولات

والأجراس وأجهزة القيـاس والمغناطيس الكهربائى وخلافه
و لذلك الموصلات الرئيسية للوح التوزيع تكون من الموصلات
ذات السلك الواحد شكل (١٩١) (ا)

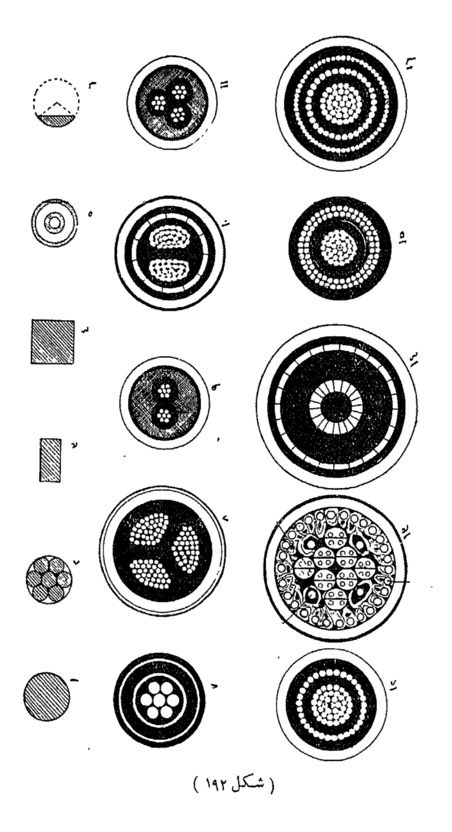
واما الموصلات التى تستعمل فى التوصيل داخل العمارات
والمبـانى والتى يلزمها موصلان أحدهما موجب والآخر سالب
فتكون ملفوفة بعضها ببعض بحيث ان كلا منها يكون حزمة
ومعزول عزلا تاما عن الآخر شكل (١٩١) (ب)

وأحيانا يوضع الموصلان داخل غلاف واحد كما فى
شكل (١٩١) (حـ) ويتوقف قطر كل سلك على مقدار شدة
التيار المارة كما سبق شرحه فى بند (٩٨)



(شكل ١٩١)

والأشكال الآتية تبين سطح المقطع المستعرض لجملة أنواع
مختلفة من الموصلات



(شكل ١٩٢)

(١) موصل ذو سلك واحد مقطعه دائري
(٢) موصل ذو سبعة سلوك دائرية
(٣) موصل مقطعه مستطيل
(٤) موصل مقطعه مربع
(٥) موصل أنبوبى ذو مركز واحد
(٦) موصل مقطعه قطعة دائرية
(٧) غلاف ذو سبعة سلوك مغطى بمادة المطاط المكبرته
(٨) موصل ذو ثلاثة موصلات يستعمل فى حالة التيار المتغير ذو الثلاث موجهات
(٩) غلاف ذو موصلين بجوار بعضهما
(١٠) غلاف ذو موصلين للتيار المتغير ذي الموجهين
(١١) غلاف ذو ثلاثة موصلات
(١٢) - (١٤) - (١٦) غلاف ذو موصلين بمركز واحد
(١٣) غلاف للموصلات المستعملة في التلفونات والتلغرافات
(١٥) غلاف ذو موصلين بمركز واحد كل يحتوى على ٣٧ سلكا

بند (١٣٦) طرق وضع السلوك داخل المنازل

قبل إجراء عملية التوصيل يرسم على الحوائط والسقوف بواسطة الطباشير اتجاه الموضع المناسب لدوائر سلوك المصابيح

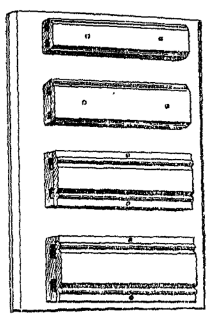
وأول طريقة استعملت فى التوصيل هى مد الاسلاك وهى مجدولة على الحائط بحيث ترتكز على أزرار من الصينى تثبت فى

الحائط بواسطة مسامير محوية فان كانت الحوائط من الطوب او الأحجار تحفر بمسافة كافيـة لوضع قطعة من الخشب على هيئة خابور ليثبت فيها المسمار المحوي وتبعد الازرار الصيني عن بعضها بمسافات متساوية قدرها قدمان ومع ذلك فقد وجد ان هـذه الطريقة قد تسبب أحيانا تماسا بين السلوك لتآكل مادتها العازلة من تأثير رطوبة الحوائط بمرور الزمن

فلهذا استعملت الصناديق الخشبية التى قـد يكون متوسط طولها ١٢ قدما وعرضها يختلف من ١½ الى ٦ بوصة تبعا للمقطع المستعرض للسلوك المراد توصيلهـا وسمكها يختلف من ½ الى ١½ بوصة وبداخلها مجريان على هيئة حرف U مفصولان بسداد من الخشب سمكه لا يقل عن ½ بوصة للصناديق ذات الحجم الصغير ٥ بوصة للصنـاديق ذات الحجم الـكبير وتغطى هذه الصناديق بأغطية ذات علامات بطول سطحها الخارجي لتبين موضع السلوك فى مجاري الصندوق حتى اذا ثبتت هذه الاغطية بواسطة مسامير محوية توضع في أمكنة لا تماس فيها مع السلوك

وقـديما كانت توضع هـذه الصناديق على الحوائط مباشرة فكانت تعطى منظرا غير حسن لنظام الغرف ولـكنها الآن توضع داخل البناء بحيث يكون السطح الخارجى لغطيانها موازيا تماما لسطح البيـاض ويلاحظ انه إذا كانت السلوك المراد توصيلها مجدولة يجب أن يفصل كل سلك على حدته ويمد في مجري خاص به داخل الصندوق وقد وجد بالتجارب أن الحرارة المتشععة من

موصل ممدود وتكون أقل ما يمكن اذا وضع في مجري حجم فراغها مساو لحجمه تماما وشكل (١٩٣) يبين أربعة أنواع من هذه الصناديق مستعملة بكثرة أبعادها مختلفة وليس من الضروري أن يكون بكل صندوق مجريان فقط بل هناك صناديق تحتوي على ثلاثة أو أربعة مجاري حسب موصلات الدائرة الكهربائية



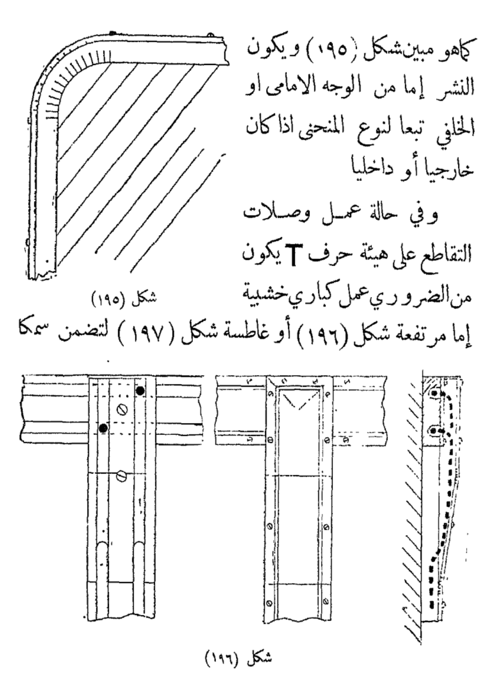
شكل (١٩٣)

وتتصل هذه الصناديق احدها بالآخر اذا كانت على أستقامة واحدة واما جنبا لجنب على زاوية ٤٥° كما هو مبين بشكل (١٩٤) وفي حالة زوايا الاركان يثنى الصندوق بمنحنى و يكون ذلك بنشر وجه الجزء المراد ثنيه بمنشار بحيث يكون النشر ضيقا وعميقا حتى يسهل ثنى الصندوق للمنحنى المطلوب

شكل (١٩٤)

كماهو مبين شكل (١٩٥) ويكون النشر إما من الوجه الامامى او الخلفي تبعا لنوع المنحنى اذا كان خارجيا أو داخليا

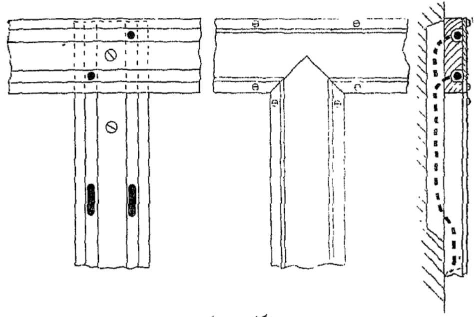
وفي حالة عمل وصلات التقاطع على هيئة حرف T يكون من الضروري عمل كباري خشبية إما مرتفعة شكل (١٩٦) أو غاطسة شكل (١٩٧) لتضمن سمكا



شكل (١٩٥)

شكل (١٩٦)

كافيا من الخشب بين السلوك حتى لايحصل لها أي قصر كان

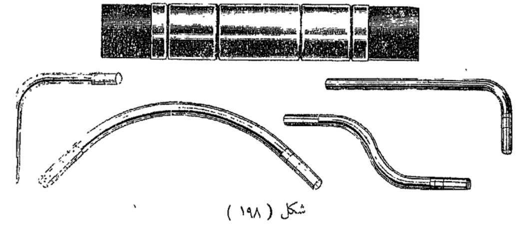


شكل (١٩٧)

وفوائد هذه الطريقة هى رخصها وسهولة تغيير السلوك عند الحاجة ومن مضارها أنها معرضة لخطر غلطات فى التوصيل وأيضا إذ تأثرت بالرطوبة يحصل قصر في السلك فأذا استعملت فى توصيل سلوك دائرة مستعملة في التأثير الكيماوى للتيار الكهربائى كعملية النكلشة مثلا يذوب النحاس من السلك الموجب فيقلل سطح مقطعه ويتكربن الخشب الموجود بين الاسلاك إذا حصل قصر وهذا يساعد على حدوث حريق بالمكان لذلك يلزم إذا استعملت هذه الصناديق في التوصيل أن توضع في أمكنة جافة وغير معرضة للرطوبة

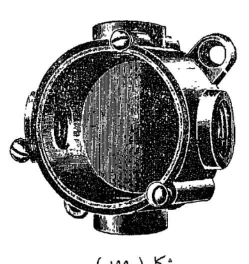
وهناك طريقة أخرى استعملت بكثرة وهى طريقة المواسير التى تمتد بداخلها السلوك الموصلة وكانت تصنع قديما من الورق المقوي المدهون سطحه الخارجى بالقار ذات أطوال قدرها ١٠

قدم وتتصل ببعضها بواسطة وصلات نحاسية رفيعة السمك وشكل (١٩٨) يبين احد هذه الموصلات وأيضا بعض المواسير



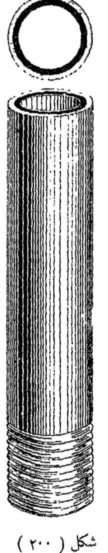
شكل (١٩٨)

المنحنية وتوضع هذه المواسير تارة بداخل البناء او خارجه وفى حالة الاركان تحنى هذه المواسير للمنحنى المطلوب بواسطة جهاز مخصوص وأما فى الوصلات التى على هيئة حرف T أو Y تركب صناديق أتصال خاصة لهذا الغرض وشكل (١٩٩) يبين



شكل (١٩٩)

صندوق لتوصيله أربعة أتجاهات والطريقة الحديثة هى ان تستعمل المواسير المصنوعة من الصلب بدلا من الورق يثبت بداخلها أنبوبة اخري من الورق شكل (٢٠٠) ملساء من الداخل وليس بها أى



شكل (٢٠٠)

خشونة مطلقا وطول هذه المواسير ١٠ أقدام تقريبا ويختلف قطرها حسب سطح المقطع المستعرض للسلوك المارة بداخلها وكل من نهايتيها مقلوظة وتتصل إحدهما بالأخرى بواسطة صناديق مغطاة من الداخل بالورق وتقطع هذه المواسير للأطوال الزائدة بواسطة مقصات مخصوصة

وهذا النوع من المواسير غالى الثمن ولكنه جيد جدا فى حفظ السلوك من تأثير الرطوبة

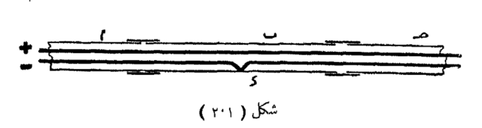
وقد تكون هذه المواسير مصنوعة من صفائح الصلب الرفيعة بدون ان يوضع بداخلها أنابيب من الورق وتتصل ببعضها بواسطة وصلات او بانزلاق نهاية احداهما في مبدىء الأخرى

وعلى كل حال يجب ان تتوفر في هذه المواسير الشروط الاتية :—

(١) أن تكون مقاومتها الميكانيكية جيدة لتتحمل ضغط مسامير التثبيت المنحنية

(٢) لا ينفذ اليها الماء الذى قد ينتج أحيانا من الرطوبة

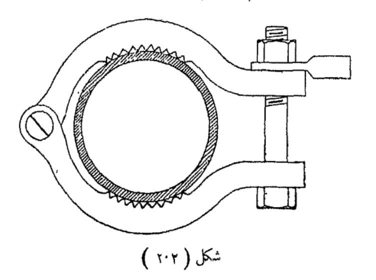
(٣) ان يكون هناك اتصال كهربائى جيد بين كل واحدة والأخري وبينها جميعا والارض ولتفهم غرض توصيل المواسير للأرض نأخذ مثلا شكل (٢٠١) الذى يبين الماسورة (ا)



شكل (٢٠١)

متصلة بالماسورة (ب) متصلة بالماسورة (حـ) فاذا لامس احد السلكين الماسورة (ب) فى نقطة (ء) يصير فرق جهد هذه الماسورة مساويا تماما لفرق جهد السلك المماس فأذا لامس شخص الماسورة (ب) يشعر برجة خطرة فى جسمه كما لو لامس السلك نفسه

ولتجنب هذا الخطر توصل جميع المواسير ببعضها توصيلا جيدا كهربائيا ثم للأرض وهذا يكون بتوصيل سلك من هذه المواسير الى ماسورة مياه المنزل وأحسن طريقة لذلك هى طريقة المقبض المبين بشكل (٢٠٣) بدلا من لحام السلك بالمواسير



شكل (٢٠٢)

ويلاحظ ان لا يلحم سلك الأرض في ماسورة الغاز لئلا يؤدى هذا التوصيل الى حدوث حريق اذا كان الأتصال غير حسن

بنـد (١٣٧) المصهرات

المصهر عبارة عن سلك معدنى يوضع فى الدائرة الكهربائية (كدائرة المصابيح ودائرة المحرك الخ) ليحفظ موصلاتها وأجهزتها من التلف الذى ينجم من زيادة شدة التيار عنـد زيادة الحمل أو عند حصول قصر بين الاسلاك اذا تماست وفى هذه الحالة ينصهر المصهر من زيادة التيار وهذا يوقف مرور التيار بالدائرة

ويصنع من معدن الفضـة أو النحاس الاحمر أو الزنك أو البلاتين أو الالومونيوم أو القصدير أو الرصاص

ولكن معظم المصهرات تصنع من النحاس الاحمر أو من القصدير أو من الرصاص والاحسن والاكثر استعمالا هى المصنوعة من معدن النحاس الاحمر

اما المصهرات المستعملة بكثرة فى مصلحة التلفونات والتلغرافات لحفظ أسلاكها من دوائر الانارة والقوة فتصنع من معدن البلاتين ويكون قطر سلكها مساويا الى ٥ مل (مل = $\frac{١}{١٠٠٠}$ من البوصة)

وتتوقف شدة التيار اللازمة لصهر السلك على الاتى : —

(١) سطح المقطع المستعرض لسلك المصهر
(٢) درجة حرارة الهواء المحيطة به
(٣) حجم القطعة المعدنية الملحومة بطرفى سلك المصهر
(٤) السطح الجانبى للمصهر وقابليته للتسخين
(٥) مدة استعمال المصهر

فالسلك الذى مقطعه المستعرض اكبر يلزمه تيار اكبر لصهره

واذا كان محاطا بهواء ساخن فانه يلزمه تيار أقل لصهره وكذلك السلك القصير والملحوم طرفاه بقطع معدنية كبيرة الحجم يلزمه تيار أقل لصهره عما اذا كان طويلا وكذلك كلما زاد سطحه الجانبى كلما زادت شدة التيار اللازمة لصهره

وحيث ان قابلية التسخين للمعادن تختلف باختلاف أنواعها فالمصهر المصنوع من معدن قابلية التسخين له قليلة ينصهر بمجرد أى زيادة لشدة التيار بينما المصهر المصنوع من معدن قابلية التسخين له كبيرة لا ينصهر بسرعة بل يأخذ وقتا لينصهر عند ما تزداد شدة التيار وعلى ذلك ترى ان المصهر المصنوع من النحاس ينصهر بسرعة عندما يحصل قصر بين الأسلاك والمصهر المصنوع من معدن القصدير أو الرصاص ينصهر بسرعة عند زيادة الحمل

والقانون الاتى يبين العلاقة بين قطر سلك المصهر وشدة التيار اللازمة لصهره

$$ت = ع \times ق^{\frac{٣}{٢}}$$

بفرض أن ت = شدة التيار اللازمة

ع = عدد ثابت = للنحاس ٨٠ و للرصاص أو القصدير ١٢٫٨

ق = قطر السلك بالمليمتر

وتختلف شدة التيار اللازمة باختلاف شدة التيار المار بالدوائر الكهربائية فالدائرة الكهربائية التى شدة تيارها أقل من ٢٠ أمبير تكون الشدة اللازمة لصهر المصهر ضعف الشدة الاصلية بالدائرة

واما في الدوائر التي تيارها يختلف من ٥٠ أمبير الى ١٠٠ أمبير تكون الشدة اللازمة مرة ونصف مرة من شدة التيار الاصلي في الدائرة

والدوائر التي تيارها ١٠٠ أمبير فما فوق تكون الشدة اللازمة مرة وربع مرة من شدة التيار الاصلي في الدائرة

وعلى ذلك تري في الدوائر ذات التيار الضعيف أن لا يستعمل لها مصهرات من النحاس بل يستعمل لها مصهرات من الرصاص لأنه اذا اريد استعمال مصهرات من النحاس يكون قطر السلك صغيرا جدا

مثال تطبيقي

المطلوب معرفة قطر سلك مصهر من النحاس يراد استعماله في دائرة كهربائية شدة تيارها ٨٠ أمبير

الحـــل

$$ت = ع \times ق^{\frac{٣}{٢}}$$

شدة التيار اللازمة $ت = ٨٠ \times ١\frac{١}{٢} = \frac{٨٠ \times ٣}{٢} = ١٢٠$ أمبير

$$١٢٠ = ٨٠ \times ق^{\frac{٣}{٢}}$$

$$١٢٠ = ٨٠ \sqrt{ق^{٣}}$$

$$\sqrt{ق^{٣}} = \frac{١٢٠}{٨٠} = \frac{٣}{٢} = ١٫٥$$

$ق^{٣} = ٢٫٢٥ \quad \therefore ق = \sqrt[٣]{٢٫٢٥} = ١٫٤$ ملليمتر

مثال آخر: المطلوب معرفة قطر سلك مصهر من الرصاص يراد استعماله في دائرة كهربائية شدة تيارها ١٥ أمبير

الحـــل

شدة التيار اللازمة = ١٥ × ٢ = ٣٠

$$٣٠ = ١٢ر٨ \times ق^{\frac{٣}{٢}}$$

$$٣٠ = ١٢ر٨ \sqrt{ق^{٣}}$$

$$\sqrt{ق^{٣}} = \frac{٣٠}{١٢ر٨} = ٢ر٣٤$$

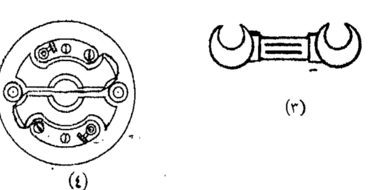
$$ق^{٣} = ٥ر٤٧٥٦$$

$$ق = \sqrt[٣]{٥ر٤٧٥٦} = ١ر٨$$ ملليمتر تقريبا

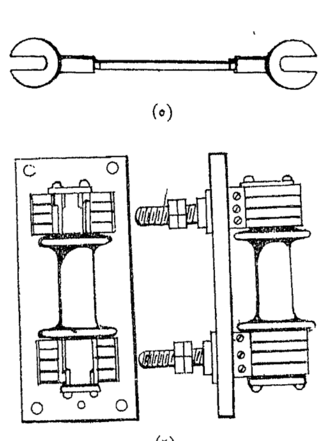
وشكل (٢٠٣) يبين جملة أنواع مختلفة للمصهرات وفيه







شكل (٢٠٣)



(٥)

(٦)

شكل (٢٠٣)

(١) يبين مصهرا صغيرا مثبتا فى داخل أنبوبة زجاجية نهاياتها من النحاس

(٢) و (٣) مصهرات مصنوعة من خوص رفيعة من المعدن ملحوم طرفاها بقطع معدنية

(٤) مصهر داخل مظروف من الصينى

(٥) مصهر مغطى بمادة الأسبستس

(٦) مصهر محكوم بيد من الصينى

الباب الثامن

الاضاءة

بند (١٣٨) الضوء والاستضاءة

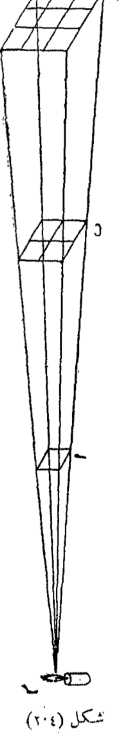
تقدر قوة إضاءة اى مصباح بمقدار كمية الضوء المنبعث منه واذا وقعت أشعة الضوء على اي سطح فان شدة استضاءة هذا السطح تقدر بكمية الضوء الواقعة عليه وتتوقف على الثلاثة الأشياء الآتية (اولا) على بعد السطح من المصباح (ثانيا) الزاوية التى يعملها السطح مع اتجاه الاشعة ويكون اعظم قيمة لها اذا كان السطح عموديا على اتجاه الاشعة الضوئية (ثالثا) قوة اضاءة مصدر الضوء

وشدة الاستضاءة تزيد بقرب السطح المضاء من المصباح وتقل ببعده عنه وهى في ذلك تتبع قانونا خاصا يسمى بقانون التربيع العكسى ولتوضيح هذا القانون

نفرض أن (م) شكل ٢٠٤ مصدر الضوء وأن (ا) عبارة عن سطح مربع الشكل ضلعه قدم واحد يبعد عنه بمسافة قدرها ٥ أقدام فاذا وضع خلف هذا السطح حاجز (ب) على بعد ١٠ أقدام من مصدر الضوء يظهر تكون مربع من الظل عليه مساحته أربعة امثال مساحة المربع (ا) وبالمثل نري انه اذا انتقل الحاجز للموضع (حـ)

الذي يبعد بمقدار ١٥ قدما ان مساحة مربع الظل عليه تسعة أمثال مساحة المربع (١) لانه لو أزيل المربع (١) من موضعه تكون الاشعة الضوئية الساقطة على المربع في الحاجز هى نفس الاشعة التى كانت ساقطة على المربع (١) وعلى ذلك يكون مقدار الأشعة الساقطة على القدم المربع في الوضع (ب) و (حـ) هى $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{9}$ الاشعة الضوئية التى كانت واقعة على المربع (١) على الترتيب

ونرى إذن شدة استضاءة أية نقطة من سطح مضاء اضاءة منتظمة تتناسب تناسبا عكسيا مع مربع بعد هذه النقطة من منبع الضوء وشكل (٢٠٥) يسهل لنا ايضاح ما سبق



شكل (٢٠٤)

شكل (٢٠٥)

فهو يبين مصباحا كهربائيا يرسل أشعته بالتساوى فى جميع الجهات فاذا فرضنا مثلا أن مصباح قوته شمعة واحدة يرسل ١٠٠ شعاع ضوئى في جميع الجهات فان المصباح الذى قوته ١٦ شمعة يكون له ١٦ × ١٠٠ = ١٦٠٠ شعاع وهذه الاشعة تمتد لمسافات غير محدودة

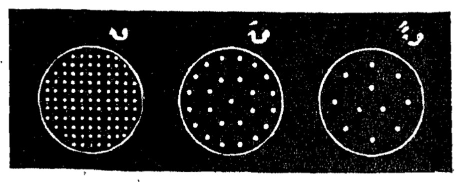
فاذا وضع قرص (ں) بحيث كان مستواه أفقيا وتحت المصباح بمسافة ما وكان عدد الخطوط الواقعة عليه هى ١٠٠ مثلا فان هذا العدد يقل بنسبة مربع المسافة اذا بعد هذا القرص عن المصباح

فاذا وضع بحيث صار يبعد عن المصباح بمسافة ضعف مسافة موضعه الأول أى في (ںَ) يصير عدد الخطوط الواقعة عليه

$\frac{١٠٠}{٢ \times ٢} = ٢٥$ واذا بعد عنه بمسافة مساوية الى ثلاثة أمثال مسافته

الاولى أى فى (ںً) فان خطوط الضوء تصير $\frac{١٠٠}{٣ \times ٣} = ١١$ تقريبا

وهذا الفرق فى الاستضاءة للقرص فى المواضع الثلاثة المختلفة هذه يمكن بيانها بنقط بيضاء كما فى شكل (٢٠٦) وفيه يبين ١٠٠



(شكل ٢٠٦)

نقطة للوضع (ں) ٯ ٢٥ نقطة عند ما يكون فى الموضع (ںَ) ٯ ١١ نقطة عند ما يكون فى الموضع (ںً)

بنـد (١٣٩) تقدير قوة الاضاءة

تقدر قوة اضاءة أى مصباح كهربائى بالشمعات والقوة بالشمعة عبارة عن كمية الضوء المنبعثة من شمعة عادية قطرها $\frac{٧}{٨}$ بوصة وتحرق ٧٧٦ر٧ من الجرامات من مادتها فى الساعة

وهناك وحدة تقدير يقال لها متوسط القوة بالشمعات المخروطية وهى عبارة عن متوسط القوة بالشمعات فى جميع الجهات التى تعمل زاوية قدرها (ﻫ) مع السطح الاستوائى للمصباح

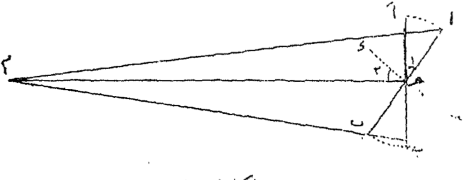
وأيضا توجد وحدة أخري يقال لها متوسط القوة بالشمعات الكروية وهى عبارة عن متوسط قيمة أطوال الخطوط المتساوية فى جميع الجهات والتى أطوالها تتناسب مع القوة بالشمعات في هذه الاتجاهات

ومتوسط القوة بالشمعات الافقية عبارة عن خارج قسمة جميع أطوال الخطوط المنبعثة على عددها

ويمكن تقدير قوة أي مصباح كان بواسطة جهاز الفوتومتر السابق دراسته من علوم الطبيعة

بند (١٤٠) السطح المائل

واذا كان السطح مائلا فأن شدة الاستضاءة تتناسب تناسبا طرديا مع جيب تمام زاوية سقوط الأشعة فمثلا اذا كان ا ب هو



شكل (٢٠٧)

السطح المائل على اتجاه اشعة المصباح (م) فأن مقدار الأشعة الساقطة عليه هو الذي يسقط على الجزء اَ بَ فيما لو كان السطح عموديا على اتجاه الأشعة و بما ان مقدار شدة الأستضاءة الواقعة

$$\text{على وحدة السطح} = \frac{\text{كمية الضوء الساقطة على السطح في الثانية}}{\text{عدد وحدات السطح}}$$

فتكون شدة استضاءة السطح اَ بَ

$$= \frac{\text{كمية الضوء الساقطة على السطحين}}{\text{اَ بَ}}$$

$$= \frac{\text{كمية الضوء الساقطة على السطحين}}{\text{ا ب جتا } \hat{2}}$$

$$\text{و شدة استضاءة السطح ا ب} = \frac{\text{كمية الضوء الساقطة على السطحين}}{\text{ا ب}}$$

$$\therefore \frac{\text{شدة استضاءة السطح ا ب}}{\text{شدة استضاءة السطح اَ بَ}} = \text{جتا } \hat{2}$$

ولما كانت $\hat{١} = \hat{٢}$ لان كلا منهما متممة للزاوية ء ھ ١َ

∴ شدة استضاءة السطح ا ب = شدة استضاءة السطح اَ بَ × جتا $\hat{١}$

والزاوية ١ هى زاوية سقوط الشعاع وهى الزاوية المحصورة بين هذا الشعاع و العمود المقام على السطح من نقطة السقوط

بند (١٤١) الاستضاءة و السطوح اللامعة

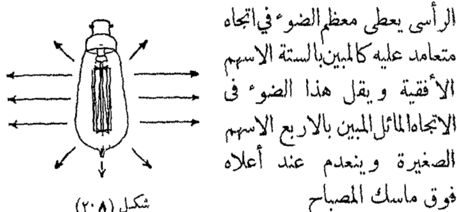
السطوح القاتمة اللون او السوداء تمتص الضوء بينما السطوح اللامعة البيضاء تعكس أشعة الضوء

وعلى ذلك فأن الغرفة المدهونة بالبوية البيضاء اللامعة تحتاج الى مصابيح قوة اضاءتها قليلة عما اذا كانت مدهونة بالبوية القاتمة اللون ومن ذلك نرى ان شدة الاستضاءة الكلية بغرفة مدهونة بلون زاه قد ازدادت بمقدار الأشعة الرأسية والأفقية المنعكسة من السقف و الحوائط وأن قانون التربيع العكسى لا يتحقق فى هذه الحالة

ويمكن الاستفادة من نظرية عكس الضوء فى جملة أعمال صناعية كبيرة منها أغطية المصابيح الزجاجية أو المعدنية ومنها أجهزة عكس الضوء البلورية فى إنارة الفنارات وكذا الكشاف وأجهزة البحث المستعملة فى المراكب الحربيــة والطيارات وخلافه

بند (١٤٢) توزيع الضوء من المصباح

الحالة المشروحة بشكل (٢٠٥) هى فرض نظرى فقط لأنه لا يمكن انه يوزع المصباح ضوءه بالتساوى في جميع الجهات كما أن بعض أجزاء المصباح وحامله تحجز جزءا من الضوء فلو اعتبرنا مثلا ضوء المصباح المبين بشكل (٢٠٨) نرى ان سلك المصباح الرأسى يعطى معظم الضوء في اتجاه متعامد عليه كالمبين بالستة الاسهم الأفقية ويقل هذا الضوء فى الاتجاه المائل المبين بالاربع الاسهم الصغيرة وينعدم عند أعلاه فوق ماسك المصباح



شكل (٢٠٨)

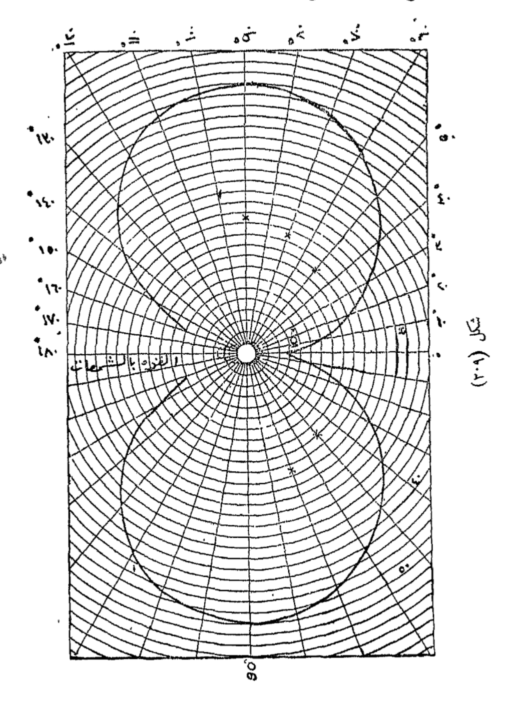
وعند ذكر القوة بالشمعات لأى مصباح كان نقصد قوة المصباح في أقوى اتجاه له

بند (١٤٣) منحنيات توزيع الضوء : —

المنحنى المبين بشكل (٢٠٩) يبين العلاقة بين القوة بالشمعات لمصباح قوته ٥٠ شمعة وبين الاتجاهات المختلفة حوله

فالخطوط النصف القطرية تعين الاتجاهات المختلفة بالدرجات

من أسفل الخط الرأسي والخطوط الدائرية تعين القوة بالشمعات مدرجة على الخط الرأسي



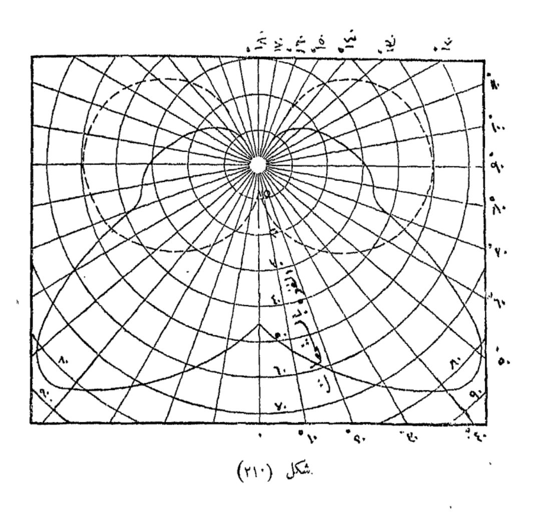
شكل (٢٠٩)

و يلاحظ من المنحنى ان اعظم ضوء يمكن الحصول عليه عند ٩٠° أي فى الاتجاه الافقى و أنه يمس خط ٥٠ شمعة هناك و عند ٤٥° تكون القوة ٣٦ شمعة تقريبا وتحت المصباح تقرب من ٨ شمعات وتنعدم فوق المصباح مباشرة

ولرسم منحن بيانى لقوة أى مصباح في الاتجاهات المختلفة حوله يستعمل الفوتومتر

و يكتفى بقياسها عند درجات مختلفة من صفر الى ١٨٠° وعند تجميعها نحصل على نصف المنحنى الكلى و يكون النصف الاخر الأيسر مشابها له تماما

اما اذا كان ضوء المصباح منعكسا الى أسفل بواسطة وضع غطاء فوقه فأن منحنى التوزيع يختلف بأن يضاف الى الأشعة المتجهة الى أسفل الاشعة المنعكسة أيضا وشكل (٢١٠) يبين منحنيا كهذا لمصباح قوته ٥٠ شمعة منعكسة أشعته العليا ومنه يرى كيف تغير توزيع الضوء فعند الخط الرأسى الأسفل مثلا زادت القوة بالشمعات حيث صارت ٤٦ بينما عند الزاوية ٤٥° ازدادت حتى صارت ٨٥ وفى هذه الحالة يتوقف توزيع الضوء على شكل المظلة نفسها للمصباح فمنها ما يعكس الأنارة الى أسفل المصباح مباشرة و منها ما يعكس بزاوية ٤٥° و منها ما يعكسها فى جميع الجهات



شكل (٢١٠)

أمثلة تطبيقية على حسابات الانارة للسطوح التى تعمل زاوية قائمة مع أشعة الضوء

(١) مصباح كهربائى قوته ٢٥ شمعة يرسل أشعته الى مكتب موجود أسفله و يبعد عنه بمقدار ٤ أقدام أوجد مقدار الاستضاءة عليه

الحـــل

$$\text{الاستضاءة} = \frac{\text{القوة بالشمعات}}{\text{مربع المسافة}} = \frac{٢٥}{٤^{٢}} = \frac{٢٥}{١٦}$$

= ١٫٥٦ قدم شمعة

(٢) نجفـة محتوية على ثلاثة مصابيح قوة كل مصباح ١٦ شمعة وتعطى إنارة لمركز مائدة قدرها ١٫٥ قدم شمعة أوجد بعد النجفة عن مركز المائدة

الحـــل

$$١٫٥ = \frac{١٦ \times ٣}{\text{مربع المسافة}} \therefore \text{مربع المسافة} = \frac{١٦ \times ٣}{١٫٥}$$

$$\text{المسافة} = \sqrt{\frac{١٦ \times ٣}{١٫٥}} = ٥٫٦٦ \text{ أقدام أى ٥ أقدام ٨ بوصة}$$

(٣) اذا كان ارتفاع السقف يبعد عن المائدة فى المثال السابق بمقدار ١٠ أقدام فأوجد مقدار القوة بالشمعات اللازمة للسقف لكى يعطى نفس الانارة

الحـــل

$$\text{القوة بالشمعات} = ١٫٥ \times (١٠)^{٢} = ١٥٠ \text{ شمعة}$$

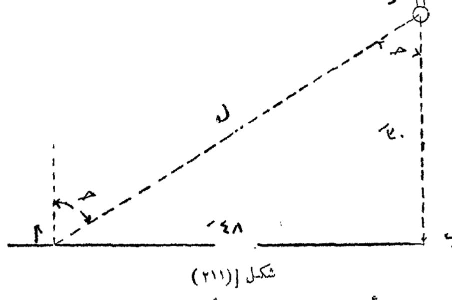
أمثلة تطبيقية على حسابات الانارة للسطوح الغير قائمة مع أشعة الضوء

(١) اذا فرض أن مصباحا من مصابيح الميادين قوته ٣٠٠٠ شمعة يرتفع عن سطح الأرض بمقدار ٣٠ قدم

تكون الاستضاءة عند النقطة ب أسفله مباشرة $= \frac{٣٠٠٠}{٣٠^2}$

$= \frac{٣٠٠٠}{٩٠٠} =$ ٣٫٣٣ قدم شمعة

وتكون شدة الاستضاءة عند النقطة ا $= \frac{٣٠٠٠}{ل^2}$



شكل (٢١١)

وحيث أن ل هو وتر لمثلث قائم الزاوية

$\therefore ل^2 = ٣٠^2 + ٤٨^2$ أو $ل = \sqrt{٣٠^2 + ٤٨^2}$

∴ الاستضاءة عند ا $= \frac{٣٠٠٠}{٣٠^٢ + ٤٨^٢} = \frac{٣٠٠٠}{٩٠٠ + ٢٣٠٤}$

$= \frac{٣٠٠٠}{٣٢٠٤} =$ ٩٣٦ر٠ قدم شمعة

أما اذا لم يكن الطول ب ا متعامدا مع الطول ب ء تكون الانارة متناسبة مع جيب تمام الزاوية (زاوية الميل) وفى هذه الحالة تكون الزاوية هى (هـ)

وتكون الاستضاءة عند (ا) $= \frac{٣٠٠٠}{ل^٢} \times$ جتا هـ

وحيث أن جتا هـ $= \frac{\text{الطول ء ب}}{\text{الطول ء ا}} = \frac{٣٠}{ل} = \frac{٣٠}{\sqrt{٣٠^٢ + ٤٨^٢}}$

∴ شدة الاستضاءة عند (ا) $= \frac{٣٠٠٠}{٣٠^٢ + ٤٨^٢} \times$

$\frac{٣٠}{\sqrt{٣٠^٢+٤٨^٢}} = \frac{٣٠٠٠}{٣٢٠٤} \times \frac{٣٠}{\sqrt{٣٢٠٤}}$

$=$ ٩٣٦ر $\times \frac{٣٠}{٥٦ر٦}$ $=$ ٩٣٦ر $\times$ ٥٣ر٠ $=$ ٤٩٦ ر٠ قدم شمعة

(٢) ميدان لمفترق جملة طرق يراد اضاءته بمصابيح قوسية فاذا كان ارتفاع كل مصباح عن الارض ٣٥ قدما والبعد بين مراكز الطرق ٧٠ قدما والانارة فى الطرق هى ٥ر٠ قدم شمعة من كل مصباح فأوجد القوة بالشمعات للمصابيح

الحـــل

$$\text{ور٠} = \frac{\text{القوة بالشمعات}}{\text{ل}^{٢}} \times \text{جتاج}$$

$$\text{ور٠} = \frac{\text{القوة بالشمعات}}{٣٥^{٢} + ٣٥^{٢}} \times \frac{٣٥}{\sqrt{٣٥^{٢} + ٣٥^{٢}}}$$

$$\text{ور٠} = \frac{\text{القوة بالشمعات}}{٢٤٥٠} \times \frac{٣٥}{٤٩\text{ر}٥}$$

$$\therefore \text{القوة بالشمعات} = \frac{\text{ر٥} \times ٢٤٥٠ \times ٤٩\text{ر}٥}{٣٥} = ١٧٣٣ \text{ شمعة}$$

$$= ١٧٠٠ \text{ شمعة تقريبا}$$



الباب التاسع

المصابيح والأجراس الكهربائية

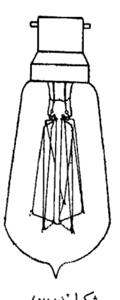
بند (١٤٤) المصابيح الكهربائية

نوعان اساسيان

الاول — المصباح المتألق   والثانى — القوس الكهربائى

ففى النوع الاول توجد قطعة صغيرة من سلك رفيع مصنوع من مادة كبيرة المقاومة يمر فيها التيار الكهربائى فتحدث حرارة عظيمة توصل السلك الى درجة التوهج فيحدث الضوء

و بما أننا نعلم ان السلك الذى يصل الى هذه الدرجة يحترق اذا كان فى الهواء الخالص او الاكسجين لذلك يوضع هذا السلك داخل غطاء شفاف من الزجاج مقفل من جميع الجهات ومفرغ من الهواء شكل (٢١١) وقد يكون هذا الغطاء مملوء بغاز لايساعد على الاحتراق مطلقا مثل الازوت او الارجون



شكل (٢١١)

بند (١٤٥) مصابيح الكربون

أول المصابيح التى استعملت من هذا النوع

كان الخيط الرفيع الذى بها وقد صنع من مادة الكربون ولكن هذا النوع قليل الاستعمال جدا فى الوقت الحاضر للاسباب الآتية :—

اولا — مقدار ما يصرف من الطاقة الكهربائية كبير بالنسبة لمقدار الضوء الذى ينتشر منه وقد يكون هذا المقدار نحو ٤ وات لكل قوة شمعة من الضوء ويسمى هذا العدد اى مقدار عدد الوات اللازم للشمعة الواحدة بالجودة للمصباح فالجودة إذن هى مقدار الطاقة اللازمة لاى مصباح بالوات مقسوما على قوته بالشمعة اي ان المصباح الذى تكون قوة الاضاءة فيه = ٥٠ شمعة مثلا يصرف ٢٠٠ وات واذا اضيء ساعة كاملة كان مقدار ما يصرفه من الطاقة = $\frac{٢٠٠ \times ١}{١٠٠٠}$ = $\frac{١}{٥}$ كيلوات ساعة و يصرف ما يقرب من $\frac{١}{٥} \times ٣٠$ = ٦ مليمات تقريبا فى الساعة اذا كان ثمن وحدة الطاقة العملية ٣٠ مليما وهذا مقدار كبير

ثانيا — اذا زاد الجهد على المصباح لاى سبب كان بان خف الحمل على المحطة دفعة واحدة او غير ذلك زاد مقدار التيار الذى يمر فى السلك وارتفعت درجة حرارة السلك اكثر

وللكربون خاصية قلة المقاومة بزيادة درجة الحرارة فيزيد التيار ثانيا لقلة المقاومة وترتفع درجة الحرارة و يزيد التيار وهكذا الى ان يحترق المصباح ولذلك يكون من هذه الوجهة غير مأمون ولكنه يمتاز بالفوائد الآتية :

اولا — قليل الثمن بالنسبة للمصابيح التى تستعمل فيها اسلاك غير الكربون لانه ارخص كل هذه الانواع

ثانيا — لايتهشم السلك فيه بنفس السهولة التى في المصابيح الاخرى فيصلح للاستعمال في الاحوال التى يكون فيها اهتزازات عنيفة مثل عربات الترام او عربات السكك الحديدية ومع ذلك فان الانواع الحديثة من المصابيح التى يستعمل فيها اسلاك غير الكربون قد تحسن صنعها لدرجة كبيرة بحيث اصبحت غير قابلة للكسر بسهولة والنتيجة ان الكربون قليل الإستعمال الآن للسبب الاول وهو انه يصرف في الاستعمال اكثر من اى نوع آخر

بند (١٤٦) مصابيح ذات أسلاك معدنية

يستعمل الان بدلا من الكربون اسلاك أخري من معادن مختلفة وهى كثيرة جدا من أهمها المصابيح التى تستعمل فيها أسلاك من التانتلوم أو التنجستان أو الأسميم أو غيرها وأهمية هذه المصابيح أنها لاتصرف الا مقدارا يسيرا من الطاقة فمثلا المصباح التانتلوم جودته ٥ر١ الى ٢ وات للشمعة والمصباح التنجستان يصرف من ١ر١ الى ٣ر١ وات للشمعة وفي الازوت يصرف ½ وات لكل شمعة وهذه المصابيح الأخيرة هى التى تسمى مصابيح النصف وات لان جودتها ½ وات لكل شمعة ومن فوائد استعمال هذه المصابيح أن مقاومة أسلاكها تزداد بازدياد درجة حرارتها ولذلك اذا زاد الجهد عليها لسبب من الاسباب و زاد التيار لذلك

ارتفعت درجة الحرارة و زادت المقاومة فيقل التيار و تقل درجة الحرارة و لذلك لا يمكن ان تحترق ما دامت هذه الزيادة فى الجهد بمقدار قليل و لكن لا يفوتنا أنه اذا زاد مقدار الجهد زيادة كبيرة فان المصباح يحترق فمثلا اذا كان لدينا مصباح من النوع الذي يستعمل في الدوائر التى فيها الجهد ١٠٠ فولت و وضعناه فى دائرة بها ٣٠٠ فولت فأنه لابد ان يحترق

و ربما كان كافيا ان يزيد الجهد بمقدار ١٠ فولت ليحترق المصباح فمثلا المصباح الذى يستعمل عادة لجهد قدره ١٠٠ فولت يحترق غالبا على ١١٠ فولت

لهذا السبب كان من الضروري جدا ان لا تزيد مقدار الجهد او يقل بأكثر من مقدار صغير و الا احترقت المصابيح و لذلك ترى في جميع العالم المتمدين شروطا على الشركات ان لا تزيد الجهد أو تقله بأكثر من ٢٪ من مقداره المعين فمثلا - اذا فرض ان الشركة ترسل التيار الكهربائى للمنازل بجهد قدره ١٠٠ فولت فليس من المسموح لها ان تتعدى المقدارين ٩٨ و ١٠٢ فولت على اكبر تقدير

وزيادة على ان المصابيح ربما تحترق من زيادة الجهد فان السماح بتغير فى الجهد أكثر من هذا يجعل المصباح تتغير قوته فى الاضاءة فتصبح قوته أكثر من اللازم اذا زاد الجهد أو أقل من اللازم اذا قل الجهد و جميعنا يعلم عدم ملاءمة ذلك فى أحوال الانارة بالنسبة للراحة العامة

وهنالك سبب آخر وهو انه اذا زاد الجهد ولو مقدارا قليلا فان هذا المصباح الذي زاد عليه الجهد لايبقى كثيرا لان زمن استعمال المصباح يقل بسرعة بازدياد الجهدالذي يؤثر عليه ولذلك يكون سبب زيادة الجهد استهلاك هذه المصابيح بسرعة كبيرة تسبب نفقات كثيرة عند استبدالها بغيرها وقد يظن من ذلك أنه من المستحسن اذن ان تؤثر على المصباح بجهد أقل من الموضوع له لكى يمكن استعماله زمنا طويلا وهذا صحيح الا أن المصباح في هذه الحالة تكون شدة اضاءته ضعيفة بمقدار كبير لانالنقص في شدة الاضاءة يكون كبيرا اذا نقص الجهد مقدارا صغيرا ولذلك لانكون قد استعملنا المصباح أحسن استعمال له

وبالاختصار فان أحسن مايمكن ان يعمله الانسان هو أن يضيء المصباح بقوته العادية تحت مقدار من الجهد يساوي المقدار الذي صنع له

بند (١٤٧) أحوال خاصة : نرى مما تقدم أنه اذا كان مصباح يضاء مباشرة من دينامو يولد جهدا متغيرا فأن هذا المصباح اما ان يحترق إذا كانت زيادة الجهد في الدينامو عن المقرر للمصباح كبيرة أو على الأقل لايعيش زمنا طويلا

ولهذا يمكن الالتجاء الى احدى الطرق الآتية: —

الأولى ـ استعمال دينامو لا يتغير جهده الا بمقدار قليل جدا

ويمكن الحصول على ذلك باستعمال الدينامو المركب (ذى اللف المزدوج)

الثانية ـ استعمال الدينامو بحيث يكون المغناطيس فيه في درجة تشبع كبيرة

الثالثة ـ استعمال بطارية مع الدينامو لتوازن الجهد فى الدائرة شكل (٢١٢)

وسنشرح هذه الأشياء في الجزء الثانى من كتابنا هذا

شكل (٢١٢)

« كيفية عمل المصابيح »

(بند ١٤٨) المصابيح ذات السلوك الكربونية :ـ هى أقدم أنواع المصابيح صنعا وأول من عملها هو. سوان. سنة ١٨٨٠ ولكنها ليست مستعملة بكثرة الآن بل حل محلها السلوك المعدنية للاسباب التى ذكرناها سابقا وتصنع سلوكها من مادة لزجة معروفة (بالسليلوز) مكونة من ذوبان وبر القطن فى محلول كلورور الزنك وهذه تتحول الى خيوط بضغطها من فتحة رفيعة جدا في محلول من الكحول لكى تجف ويسهل تشكيلها على شكل ملفات ثم بعد ذلك تغسل جيدا لازالة ماعلق بها من المواد الغريبة وتوضع بداخل فرن درجة حرارته عالية جدا ساعات من الزمن وذلك لكربنتها ولتماثل جميع أجزائها وجفافها وكثرة مرونتها

وتؤخذ من الفرن و تؤضع الى ان تبرد وتقطع بعد ذلك على حسب المقاسات المطلوبة وتلف على ضبعة مخصوصة لتعطى الشكل اللازم لسلك المصباح و توضع داخل زجاجة مفرغة و يلحم طرفاها بقطعتين من البلاتين

و تمتاز هذه السلوك عن السلوك المعدنية فى كونها تنصهر عند درجة ٣٦٠٠ مئوية بينما معدن البلاتين مثلا ينصهر عند درجة ١٨٠٠ مئوية تقريبا وأيضا بالنسبة لكبر مقاومتها النوعية فانه يسهل الحصول على قوة بالشمعات قليلة من سلك صغير فى حين أنه لايمكن الحصول عليها من السلوك المعدنية الااذا كانت طويلة و رفيعة لصغر مقاومتها النوعية

المصابيح ذات السلوك المعدنية :ـ تختلف هذه المصابيح باختلاف أنواع معدن سلوكها فمنها ماهو مصنوع من معدن التانتلوم أو من معدن التانجستان و توجد سلوك معدنية أخرى مصنوعة من بعض أكاسيد المعادن ولكننا سنكتفى بذكر معدنى التانتلوم و التانجستان لأهميتهما ولكثرة استعمالهما

معدن التانتلوم :ــ اكتشف هذا المعدن فى سنة ١٨٠٢ ويوجد بكثرة فى استراليا وشمال افريقيا والسويد والنرويج وكثافته تختلف من ١٦ر٨ الى ١٨ وينصهر عند درجة ٢٣٠٠ مئوية

يوجد هذا المعدن على شكل درافيل ممزوجة ببعض الاوساخ

والمواد الغريبة يمكن التخلص منها بصهره في افران عالية فتطفو على السطح العلوى ويصب السائل في قوالب وهذه يمكن طرقها بعد ان تبرد وسحبها وامرارها من ثقوب رفيعة جدا بقطر السلك المطلوب

فالمصباح الذي قوته ٢٠ شمعة ١١٠ فولت يلزمه سلك قطر ٠٥ر ملليمتر وطوله ٦٥٠ ملليمتر وقد وجد ان الرطل الواحد من المعدن كاف لعمل ٢٥٠٠٠ مصباح قوة ٢٥ شمعة ١١٠ فولت

معدن التانجستان : — يكثر وجود هذا المعدن فى اماكن كثيرة وتستعمل سلوكه بكثرة فى معظم المصابيح الكهربائية وتصنع السلوك من المعدن مباشرة او بحزمه على شكل سيقان مغطاة بمادة غروية مثل الغراء او الدكسترين ويمرر من ثقوب الماظية رفيعة جدا تحت ضغط عال مقداره عدة اطنان للبوصة المربعة وتسخن بعدئذ بأمرار تيار كهربائى بها بحيث تكون هذه السلوك محاطة بغاز الايدروجين

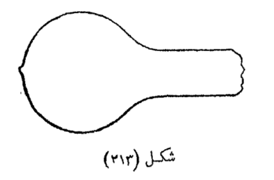
فالمصباح الذى قوته ٣٢ شمعة ١١٠ فولت يلزمه سلك قطره ٠٤٥ر ملليمتر وبعد تمام صنع هذه السلوك عمليا تقطع الى اطوال حسب قوة المصباح بالشمعات ويعرف الطول من العلاقة الآتية

$$\text{الطول} = \frac{\text{عدد ثابت} \times \text{قوة المصباح بالشمعات}}{\text{محيط السلك}}$$

$$= \frac{\text{عدد ثابت} \times \text{قوة المصباح بالشمعات}}{\text{القطر} \times \text{النسبة التقريبية}}$$

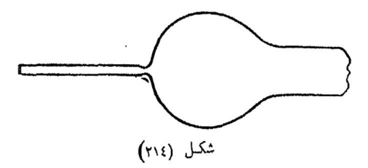
و يعرف العدد الثابت من نظرية الفو تومتر و يختلف باختلاف جودة وقوة المصباح

توضع هـذه السلوك بداخل زجاجة ذات سمك رفيع تارة تـكون كروية الشكل وهى الشائعة الاستعمال وتارة تـكون اسطوانية الشكل و كيفية صنع هذه الزجاجة هو ان تنفخ بعد تسخينها بواسطة منفـاخ اسطوانى من معدن الحديد يمر فى الرقبـة الطويلة للزجاجة شكل (٢١٣) و بعد ان تبرد تنظف جيدا



شكـل (٢١٣)

و تثقب بثقب رفيع فى قاعها بواسطة بورى يدوى صغير وتثبت بهذه الفتحة انبوبة رفيعة طويلة كما هو مبين بشكل (٢١٤) فائدتها

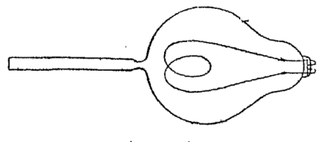


شكـل (٢١٤)

سهولة توصيل الزجاجة الى آلة مص الغازات

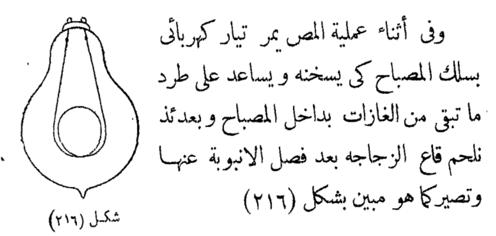
ثم توضع السلوك المعدنية او الـكربونية بالداخل حيث يلحم طرفاها بقطعتين من البلاتين او بقطعتين من البلاتين مع الزنك مع الغطاء الذى يوضع فوق رقبة الزجاجة التى ترتب بعد تسخينها

حيث تتماسك مع الغطاء كما هو مبين بشكل (٢١٥) وبعد ذلك



شكل (٢١٥)

تفرغ الزجاجة من الغازات الموجودة بداخلها بتوصيل الانبوبة الرفيعة الطويلة الى انبوبة آلة المص



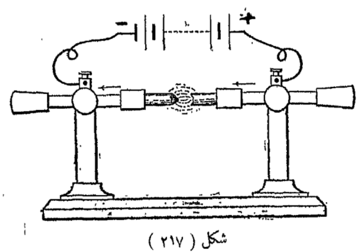
وفى أثناء عملية المص يمر تيار كهربائى بسلك المصباح كى يسخنه ويساعد على طرد ما تبقى من الغازات بداخل المصباح وبعدئذ نلحم قاع الزجاجه بعد فصل الانبوبة عنها وتصير كما هو مبين بشكل (٢١٦)

شكل (٢١٦)

بند (١٤٩) القوس الكهربائى:— يتركب من قطعتين من الكربون على شكل أقلام او اسطوانات رفيعة كما فى شكل (٢١٧) يمر فيهما التيار الكهربائى

وطريقة أحداث الضوء هى ان نجعل القلمين يتلامسان عند طرفيهما المتقابلين ونمرر التيار بينهما اذا ذاك فتتولد حرارة عظيمة عند نقطة التلامس وتصل درجة الحرارة الى الاحمرار عند

هذه النقطة بعد ذلك نفصل أحد القلمين قليلا عن الآخر فنجد ان قوسا مضيئا يتولد في هذه المسافة الفاصلة بينهما



شكل (٢١٧)

الضوء الحادث من الأقواس شديد القوة حتى ان هذه الأقواس لها شدة أضاءه تقدر بمئات الشمعات وغالبا تكون قوتها من ٥٠٠ شمعة الى ١٠٠٠ شمعة او أكثر

وزيادة على ذلك فان درجة الحرارة الناشئة من هذا القوس كبيرة حتى أنها تقدر بما يزيد عن ٣٠٠٠° مئوى

لهذا نرى ان هذه الأقواس الكهربائية لا تصلح لأضاءة غرف المنازل لان قوة أضاءتها اكثر بكثير مما يلزم لهذه الغرف ولذلك تستعمل فى الميادين او في الشوارع او في المحال التجارية لعرض الاشياء التى فيها او فى محطات السكك الحديدية او ما يماثل ذلك

كما ان هذه الأقواس تستعمل في الأفران الكهربائية لشدة الحرارة التى تنتج منها فتستعمل في هذه الأفران لصهر المعادن

التى لا تصهر بالطرق المعتادة لاحتياجها لدرجة كبيرة من الحرارة وهذه الأقواس تشتعل في الهواء الخالص ولذلك يحدث الاحتراق المعتاد ويقل طول هذه الأقلام الكربونية بالاستعمال ولهذا يجب تغيرها كلما تآكلت

والقلم المتصل بالقطب الموجب اى القلم الذى يدخل منه التيار يتآكل بسرعة تساوى ضعف تآكل القلم الآخر تقريبا ولذلك يستبدل أثنان منه مقابل واحد من القلم السالب وقد يستعمل قلمان أحدهما سميك والآخر رفيع ويكون السميك هو الموجب والرفيع السالب بحيث يكون طولها واحدا ولكن مقطع الأول ضعف مقطع الثانى لكى يحترقا بسرعة واحدة ويتغيران معا

وقد نصل الى ذلك أيضا بجعل المقطع واحد للقلمين وفقط يكون طول الموجب ضعف طول السالب

والشيء المهم فى هذه الأقواس الكهربائية أنها ذات جودة عظيمة فهى لاتستهلك اكثر من ½ وات لكل شمعة ولذلك يكون استعمالها اقتصاديا عند الحاجة الى ضوء شديد

ومع ذلك فان المصباح المتألق قد يصنع الآن لاعطاء شدة إضاءة تماثل القوس اي لغاية الف شمعة او اكثر وقد عملت هذه الأقواس لتشتغل داخل غطاءات زجاجية مفرغة من الهواء لكى لا تحترق بالاكسجين ولكن هذه الأنواع لم تستعمل كثيرا لأنها تستهلك اكثر من الأنواع الأخرى اذا كانت القوة واحدة

وانسب مقدار للجهد الذي يحدث القوس الكهربائى هو ٥٠ فولت تقريبا ولهذا تجد ان هذه الأقواس توضع كل اثنين منها على التوالى اذا كان جهد الدائرة = ١٠٠ فولت او كل أربعة منها على التوالى اذا كان جهد الدائرة = ٢٠٠ فولت وهكذا

ويمكن ان يشتغل القوس بمقدار من الجهد بين ٣٥ و ٧٠ فولت ولكن العدد السابق ٥٠ فولت هو أنسب مقدار لها واذا لم يكن هناك غير قوس واحد يمكن استعماله على دائرة جهدها ١٠٠ فولت فيوضع معه على التوالى مقاومة تأخذ باقى الجهد لكى يكون على القوس جهد ٥٠ فولت تقريبا

وفى هذه الحالة يغير مقدار المقاومة تدريجيا حتى يكون الضوء الحادث من القوس اكبر ما يمكن كذلك عند فصل القلمين مسافة صغيرة لاحداث القوس ويلاحظ أنه عند ابتداء فصل القلمين يزداد الضوء بازدياد المسافة الفاصلة الى ان نصل الى مسافة معلومة لو زدنا عنها قليلا انقطع القوس نهائيا وانقطع معه التيار

من هذا نستنتج انه اذا كان كل من القلمين ثابتا وكانت المسافة بينهما التى يحدث فيها الضوء هى أنسب مسافة فان احتراق القلمين يجعل هذه المسافة تكبر ويأتى وقت ينقطع فيه القوس ويقف التيار ولا يحدث اي ضوء

وللتخلص من ذلك طريقتان

الأولى — اذا كان القوس مستعملا لاحداث صور مثلا بواسطة الفانوس السحري او السينما فأن العامل يمكنه ان يضبط المسافة بيده كلما احتاج الأمر ذلك

الثانية — يوضع جهاز أتوماتيكى مع القلمين يقربهما كلما احترقت على قدر الحاجة وهذا الجهاز الأتوماتيكى يتحرك بتأثير التيار المار في القوس

بند (١٥٠) الجهاز الأتوماتيكى

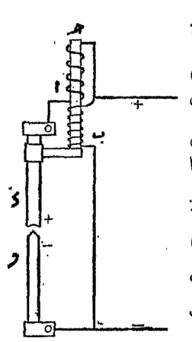
لاحظنا مما سبق أنه يجب ان يكون الجهاز الميكانيكى المطلوب في قدرته عمل الآتى

(١) تكون أقلام الكربون فى حالة تماس عند ابتداء مرور التيار الكهربائى به

(٢) يفصلهما مسافة معلومة كافية لحدوث القوس

(٣) عند احتراق الكربون من التشغيل يتحرك القلمان بسهولة وبدون اي تذبذب تجاه بعضهما بحيث تكون مسافة القوس ثابتة

ولقد عملت أجهزة ميكانيكية لهذا الغرض معظمها تعمل على التأثير المغناطيسى للتيار الكهربائى أبسطها والمستعمل بكثرة وهو المبين بالشكل (٢١٨) ويتركب من ملفين (ا و ب)



شكل (٢١٨)

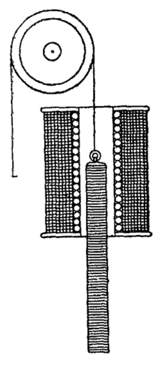
احدهما (ا) ملفوف بسلوك سميكة و عدد لفات قليلة و متصل بالتوالى مع دائرة القوس والاخر (ب) ملفوف بسلوك رفيعة دقيقة و لفات كثيرة ومتصل بالتوازى مع دائرة القوس وفى وسطهما قلب من الحديد (هـ) قابل للحركة ومتصل بالقلم الكربونى الموجب (ء) فاذا اقفلت دائرة المصباح وكان القلمان غير متماسين فأنه لا يمر اى تيار بملف التوالى (ا) بل يمر جزء منه في ملف التوازي (ب) ولا يمر جميعه نظرا لكبر مقاومته وهذا يولد مجالا مغناطيسيا يجذب القلب الى أسفل فيحدث التماس للقلمين الموجب والسالب وعندئذ يمر معظم التيار الكهربائى في ملف التوالى لقلة مقاومته وهذا يولد مجالا مغناطيسيا قويا يجذب القلب الى أعلى و يفصل القلمين من بعضهما و يحدث القوس

فاذا تآكل الكربون بان ؛ ادت المسافة بين الأقلام عن اللازم ينقطع سير التيار في ملف التوالى ويمر عندئذ جزء منه فى ملف التوازي وهذا يجذب القلب الى أسفل مسافة كافية لحدوث القوس وهكذا يكون عمله أتوماتيكيا

وهناك طرق مختلفة فى وضع الملفات في هذه الاجهزة الاتوماتيكية

فمنهـا ما يكون فيه ملف التوازى فوق ملف التوالى كما مبين هو بشكل (٢١٩)

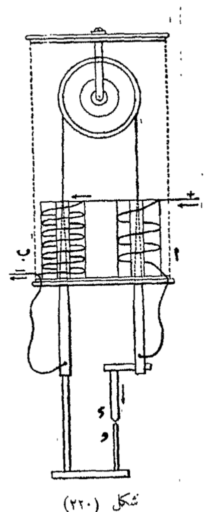
ومنها مايكون ملف التوازى بجوار ملف التوالى ويتحرك فى وسط كل منها قلب من الحديد والقلبان متصلان بواسطة سلسلة تتحرك حول بكرة ونهاية قلب الحديد الذى يتحرك فى وسط



(شكل ٢١٩)

ملف التوالى متصلة بالقلم الكربونى الموجب بينما القلب الذى يتحرك فى وسط ملف التوازي متصل بالقلم السالب شكل (٢٢٠)

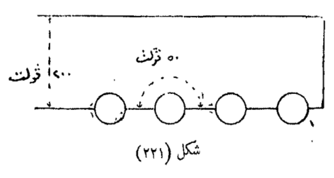
وهـذا الجهاز الاتوماتيكى يتحرك بتأثير التيار المـار فى القوس بالطريقة السابق شرحها



شكل (٢٢٠)

بند (١٥١) طرق توصيل المصابيح الكهربائية

(أولا) — التوصيل على التوالى : قديما عند بدء استعمال المصابيح الكهربائية استعمل التوصيل على التوالى وهو كما مبين بشكل (٢٢١)



شكل (٢٢١)

وفى هذه الحالة تكون شدة التيار المارة بالدائرة ثابتة أى أن الشدة المارة بالمصباح الاول تساوي الشدة المارة بالمصباح الثانى وهكذا ويتغير فرق الجهد لكل مصباح تبعا لعدد المصابيح المستعملة وفرق الجهد الكلى للدائرة

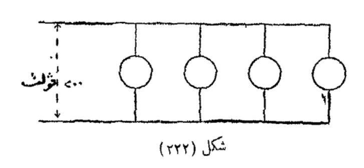
فمثلا اذا كانت الدائرة تحتوى على أربعة مصابيح متصلة بالتوالى والشدة المارة بها أمبير واحد وكان فرق الجهد الكلى ٢٠٠ فولت وكانت مقاومة كل من المصابيح واحدة فيكون فرق الجهد لكل مصباح = $\frac{٢٠٠}{٤}$ = ٥٠ فولت

وهذا التوصيل لا يستعمل الآن لانه لو احترق أحد المصابيح

يقف سير التيار و تنطفىء جميعها وأيضا اذا كانت هناك مصابيح كثيرة وجب أن يستعمل لها جهد كبير

(ثانيا) ـ التوصيل على التوازي

و هو كالمبين بشكل (٢٢٢) وفيه يكون فرق الجهد لكل مصباح



شكل (٢٢٢)

واحدا وهو مقدار فرق الجهد الكلى للدائرة وشدة التيار المارة بكل مصباح تختلف حسب مقاومته

وشدة التيار الكلية في الدائرة تساوي مجموع الشدة المارة بالمصابيح

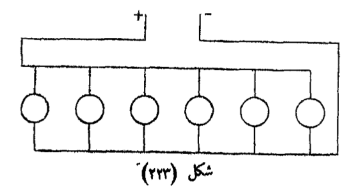
فمثلا اذا كانت الدائرة تحتوي على أربعة مصابيح متشابهة متصلة بالتوازي والتيار الكلى بها أمبير واحد وفرق الجهد الكلى ٢٠٠ فولت فيكون فرق جهد كل مصباح = ٢٠٠ فولت والشدة المارة به = ٢٥ر٠ أمبير

ويلاحظ في هذا التوزيع ان دائرة كل مصباح مستقلة عن دوائر المصابيح الاخرى فاذا انطفأ اي منها فانه لا يؤثر على المصابيح

الاخرى ولذلك اصبحت هذه الطريقة هى الوحيدة المستعملة الآن الا فى بعض احوال خاصة

وزيادة على ما تقدم فان تقدم صنع هذه المصابيح وسهولة عمل عدد كبير منها للانتاج التجارى لتكون ذات مقاومة واحدة داخلية وتحملها ضغطا ثابتا قد ادى الى شيوع استعمال طريقة التوازى هذه

يلاحظ ايضا فى طريقة التوصيل على التوازي ان المصابيح ليست على بعد واحد من نقطة توزيع التيار على الدائرة لذلك تكون مقاومة الاسلاك الموصلة الى مصباح متعلقة ببعد هذا المصباح عن نقطة التوزيع هذه ونتيجة ذلك ان الجهد المؤثر على اى مصباح يقل تبعا لكبر مسافته عن نقطة التوزيع ويمكن تجنب ذلك باستعمال الطريقة المبينة بشكل (٢٢٣) وفيها نرى ان شدة التيار اللازمة لكل مصباح تمر بسلوك ذات اطوال واحدة ولذلك يكون الجهد لاى مصباح مقدارا ثابتا تقريبا

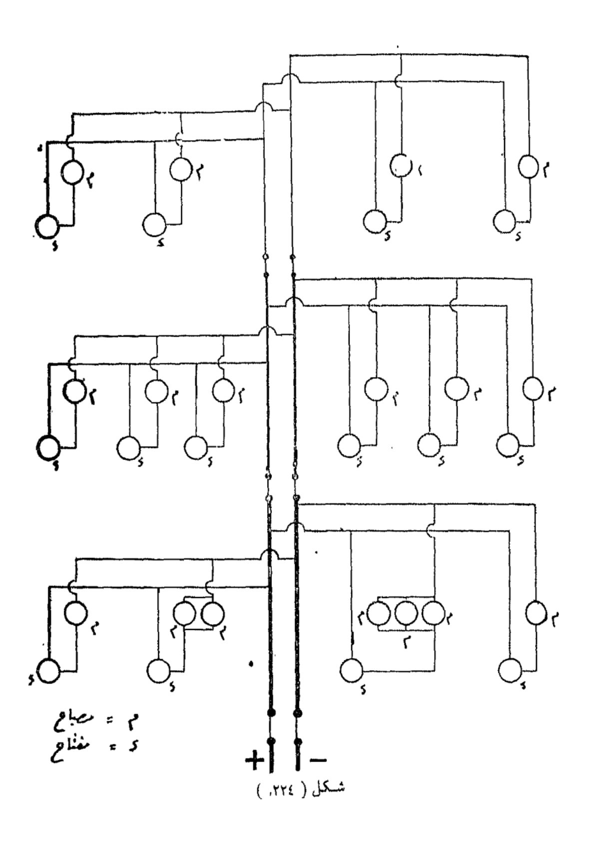


شكل (٢٢٣)

بند (١٥٢) طرق التوصيل داخل المنازل والفنادق والاماكن العمومية

توجد طريقتان للتوصيل (الاولى) طريقة الشجرة وكانت تستعمل قديماو (الثانية)طريقةالتوزيع وهي الشائعةالاستعمال الآن
وقبل شرح هاتين الطريقتين نذكر ما يأتى : —
يمكن الحصول على التيار الكهربائى من محطة التوليد العمومية التى تكون ملكا لشركة خصوصية كما هو موجود بالقاهرة او تابعة لمجلس بلدى كما هو في بنادر المديريات

وهذه الشركات توزع التيار بواسطة سلوك عمومية فى الشوارع ومنها تتفرع الى المنازل وترسل بواسطة سلكين معزولين للمنزل أو المكان المراد توزيع التيار به وبعدئذ تتصل بالمصهرات العمومية ثم بالعداد وبعدها يترك العمل لعامل الاسلاك فى تركيب السلوك داخل المنزل حسب عدد المصابيح المراد توصيلها واستعمالها وشكل (٢٢٤) يبين توصيل ١٧ مصباحا كل مصباح له مفتاح خاص وهذه هى طريقة الشجرة وطريقة عمل ذلك هى ان يمد السلكان العموميان رأسيا داخل البناء بحيث يكون سطح قطاعها مختلفا فى كل دور من أدوار المنزل فعند الدور الأول يكون سطح قطاع السلك العمومى أكبر منه عند الدور الثانى وهذا أكبر منه فى الدور الثالث وهكذا لأن السلوك الرئيسية الممتدة بالدور الاول تغذي الادوار الثلاثة



شكل (٢٢٤)

اما الممتده بالدور الثانى فلا تغذي الا الدورين الثانى والثالث
اما الممتدة بالدور الثالث فانها تغذى الدور الثالث فقط

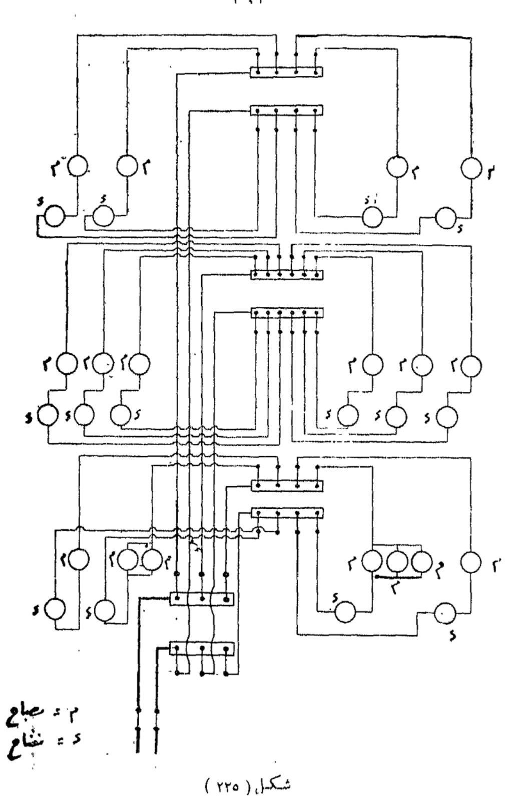
وتتصل السلوك الرئيسية لكل دور بالدور الذى يليه بواسطة مصهرات ومنها تتفرع دوائر المصابيح المراد استعمالها

وعيب هذه الطريقة هو استعمال وصلات كثيرة بحيث اذا حصل اى تلف او انصهر أى مصهر كان من الصعب معرفة مكان الخطأ وشكل (٢٢٥) يبين طريقة توصيل الـ ١٧ مصباح بطريقة التوزيع وفيها السلوك الرئيسية الممتدة من الشركة الى المنزل بعد توصيلها الى مفتاح التوصيل فالمصهر العمومى فالعداد تتصل بصندوق توزيع عمومى يحتوي على عدد من أطراف دوائر مساوية لعدد طبقات المنزل وكل دائرة متفرعة منه الى كل دور تتصل بصندوق عمومى مساعد ومنه تتفرع دوائر المصابيح المستعملة في هذا الدور وبالمثل فى الطبقات الاخرى

وكل دائرة من الدوائر تتصل بمصهر يوضع بداخل الصندوق بحيث يوصل أطراف الدوائر المحتوي عليها كل صندوق

والعيب الوحيد في هذا التوصيل هو استعمال عدد كثير من السلوك

والجدول الآتى يبين مميزات كل من الطريقتين



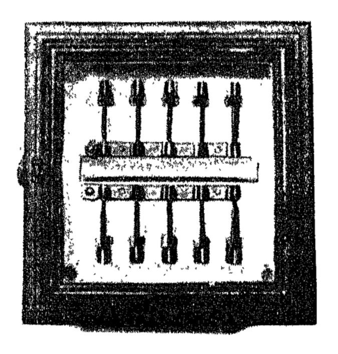
شكل (٢٢٥)

نوع التوصيل	فوائده	عيوبه
طريقة الشجرة	(١) اقتصاد فى السلوك وما يترتب عليه من اقتصاد فى المواسير (٢) لايحتاح لاعتناء كثير في توزيع العمل (٣) من السهل اضافة مصابيح أخري في الدائرة	(١) يحتاج الى وصلات كثيرة و يترتب على ذلك (ا) عمل كثير يحتاج الى وقت وعمال (ب) استعمال كمية كبيرة من المواد العازلة (حـ) خطر من هروب التيارات بالمبانى (ء) خطر من زيادة درجة حرارة السلوك مالم تكن الوصلات جيدة (٢) صعوبة معرفة موضع الخطأ (٣) صعوبة استبدال المصهرات (٤) صعوبة معرفة متى تكون الدائرة محملة فوق طاقتها
طريقة التوزيع	(١) لاتستعمل الوصلات (٢) يمكن فصل أى دائرة بدون أن تؤثر في الدوائر الاخرى (٣) يمكن اختبار كل دائرة على حدتها ومعرفة موضع الخطأ بها بسهولة (٤) سهولة استبدال المصهرات (٥) « حساب شدة التيار اللازمة وسقوط الضغط	(١) تحتاج الى سلوك ازيد من اللازمة في طريقة الشجرة (٢) زيادة التكاليف الابتدائية

نرى إذن أن طريقة التوزيع هى الافضل ويجب ان تستعمل في التوصيل داخل المنازل والفنادق وخلافه

ويلزم انتخاب مكان مناسب يوضع فيه صندوق التوزيع بحيث يكون من السهل توصيل السلوك العمومية وسلوك دوائر المصابيح اليه فاذا وضع فى مكان رطب مثلا وجب ان يكون محكم الصنع بحيث لا ينفذ اليه الماء

وشكل (٢٢٦) يبين صندوقا لخمس دوائر مصابيح ويتركب



شكل (٢٢٦)

من صندوق من الخشب ذى غطاء من الزجاج مثبت بداخله بواسطة مسامير محوية خوصتان من النحاس تكونان الموجب والسالب العموميين مفصولتين احداهما عن الاخري بواسطة

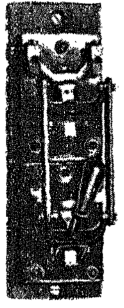
قطعة خشبية بارزة خوفا من حدوث اى قصر بينهما و مثبت بكل من الخوصتين مسمار محوي ذو صامولة متحركة لربط السلكين العموميين المار بهما التيار الكهربائى المراد توزيعه بالمنزل ومثبت بهذه الخوص أيضا أطراف مصهرات الخمس الدوائر التى تكون اطرافها الاخري مثبتة بقطع نحاسية ذات مسامير محوية ليربط فيها سلوك دوائر المصابيح

وعلى ذلك ترى ان كل دائرة لها مصهران أحدهما للطرف الموجب و الآخر للطرف السالب

بند (١٥٤) الأجهزة المشتركة في التوزيع

(اولا) المفاتيح : — لقد قلنا انه يمكن ضبط مرور التيار في اى دائرة كهربائية بواسطة مفتاح توصيل يوضع فى الدائرة ليوصل او يفصل نقطتى اتصال بأحد فرعيها او بين نقطتين بكل من الفرعين ويكون فى الحالة الأولى ذا نقطتى اتصال و في الحالة الثانية ذا أربع نقط اتصال كل نقطتين منها في فرع واحد من الفرعين و في هذه الحالة الاخيرة تسمى المفاتيح المزدوجة وهذه المفاتيح تختلف باختلاف استعمالها فالمستعملة منها في الدوائر الأصلية أو الدوائر ذات التيارات الكبيرة تكون من المفاتيح المزدوجة مركبة على قاعدة عازلة مصنوعة من الرخام اوخشب الاردواز ويتركب المفتاح المزدوج البسيط من خوصتين من النحاس مثبتتين في مقبض من خشب الأبنوس كل خوصة توصل فرعا من فرعي الدائرة شكل (٢٢٧) وأحد طرفيها مثبت تثبيتا مفصليا بقطعة

نحاسية متصلة بنقطة من الدائرة وطرفها الآخر يتحرك بواسطة المقبض ليوضع في فتحة موجودة بقطعة نحاسية أخري عرضها مساو لعرض الخوصة بالضبط ومثبتة فى قاعدة المفتاح ومتصلة بنقطة الدائرة الأخرى ومثبت في وسط الخوصة المتحركة وقاعدة المقبض ياى فائدته منع سقوط الخوصة عند فتح الدائرة والتحقق من وجود فتحة ذات مقاومة لا نهائية تمنع مرور التيار وشكل (٢٢٨) يبين قطاعا لمفتاح يستعمل فى فرع

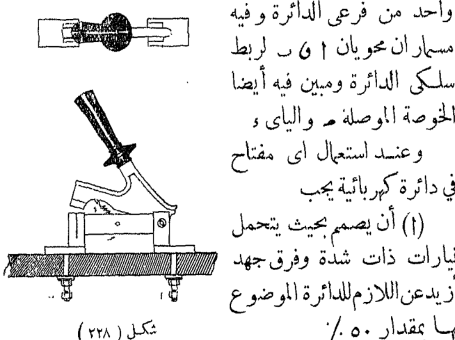


شكل (٢٢٧)

واحد من فرعى الدائرة وفيه مسماران محويان ا و ب لربط سلكى الدائرة ومبين فيه أيضا الخوصة الموصلة هـ والياى ء

وعند استعمال اى مفتاح في دائرة كهربائية يجب

(ا) أن يصمم بحيث يتحمل تيارات ذات شدة وفرق جهد أزيد عن اللازم للدائرة الموضوع بها بمقدار ٥٠ ٪

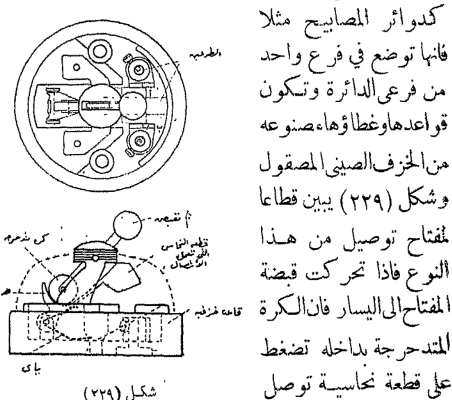


شكل (٢٢٨)

(ب) أن تكون نقط الاتصال جيدة التماس

(ﻫ) أن لاتزداد درجة حرارته اذا مر به التيار مدة من الزمن لذلك تكون كثافة التيار به ٤٥٠ أمبير للبوصة المربعة اذا صنعت أجزاؤه من معدن النحاس الأصفر أو من معدن المدافع و ٨٠٠ أمبير لكل بوصة مربعة اذا كانت من معدن النحاس الأحمر و ٢٥٠ أمبير لكل بوصة مربعة من سطح التماس

أما المفاتيح المستعملة في الدوائر ذات التيارات الضعيفة كدوائر المصابيح مثلا فانها توضع في فرع واحد من فرعى الدائرة وتكون قواعدها وغطاؤها مصنوعه من الخزف الصيني المصقول وشكل (٢٢٩) يبين قطاعا لمفتاح توصيل من هذا النوع فاذا تحركت قبضة المفتاح الى اليسار فان الكرة المتدحرجة بداخله تضغط على قطعة نحاسية توصل



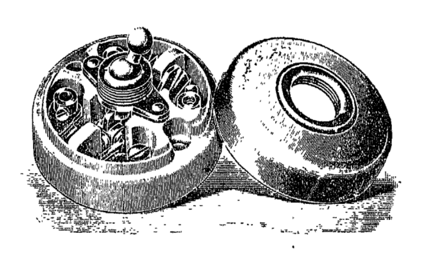
شكل (٢٢٩)

النقطتين ا و ب الموصل بهما سلكا الدائرة و يمر التيار بالمصباح وعند فتح الدائرة تحرك القبضة الى اليمين فتدحرج الكرة وتضغط على النقطة ﺣ وهذه ترفع القطعة النحاسية وتمنع اتصال النقطتين

ا و ب وقد وضع ياي بداخل المفتاح كما هو مبين لمساعدة رد القطعة النحاسية بسرعة عند الفتح وذلك منعا لحدوث أى شرر كان

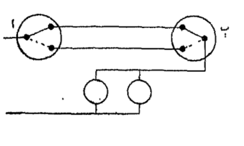
وتارة تكون هذه المفاتيح مغطاة بغطاء معدنى وفي هذه الحالة اذا استعمل هذا المفتاح في دائرة كهربائية فرق جهدها يزيد عن ١٢٥ فولت يغطى غطاؤه من الداخل بطبقة من مادة عازلة خوفا من حدوث القصر

مفاتيح التوصيل ذات الطريقين :— هذه المفاتيح تستعمل لدائرتين مستقلتين ومتصلتين بينبوع واحد ويكون تركيبها من الداخل مشابها تماما للمفاتيح ذات الدائرة الواحدة غير أن بها ثلاث فتحات لربط الثلاثة السلوك الموصلة (شكل ٢٣٠) وتستعمل هذه المفاتيح لأغراض كثيرة فمثلا يمكن أن توضع في دائرة نجفة محتوية على عدد من المصابيح تضيء بعض المصابيح أو جميعها حسب الحاجة



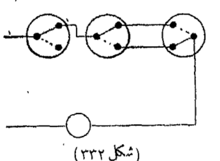
شكل (٢٣٠)

وأيضا تستعمل لتضيء مصباحا أو جملة مصابيح من مكانين مختلفين والدائرة المبينة بشكل (٢٣١) هى دائرة مصباحين لأنارة مصعد منزل يستعمل فى توصيلها مفتاحين من هذا النوع المفتاح (ا) موضوع بالدور الاول والمفتاح (ب) بالدور الثانى



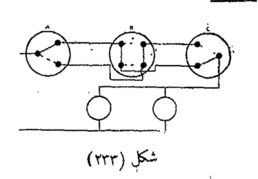
(شكل ٢٣١)

والمصباحان موضوعان في وسط المصعد بحيث يمكن انارتهما من المفتاح (ا) عند الصعود واطفاؤهما من المفتاح (ب) أو إنارتهما من المفتاح (ب) عند النزول واطفاؤهما من المفتاح (ا) و يستعمل في بعض الأحيان مفتاح آخر شكل (٢٣٢) مع المفتاحين ا و ب و يستعمل لمنع التيار في دائرة المصعد في أوقات النهار أو عند الحاجة لذلك



(شكل ٢٣٢)

<u>المفاتيح ذات الأربعة الأطراف</u> : ـ قد يحتاج أحيانا لاضاءة مصباح أو مصباحين من ثلاثة أماكن أو اكثر كمصابيح مصعد منزل ذى ثلاث طبقات مثلا ففى هذه الحالة تكون دائرة المصابيح كالمبينة



شكل (٢٣٣)

بشكل (٢٣٣) ويكون المفتاحان ا و هـ الموجودان بالدورين الأول والأخير من النوع ذى الطريقين السابق الذكر ويكون مفتاح الوسط (ب) من النوع ذى الاربعة الاطراف توصل اليه السلوك بالكيفية المبينة بشكل (٢٣٣) ومنه نرى أن كل مفتاح من هذه يمكنه أن يضئ أو يطفئ مصابيح المصعد

وشكل (٢٣٤) يبين دائرة مصابيح مصعد منزل ذى أربع طبقات وفيه المفتاحان الاول و الاخير ا و ب من النوع ذي الطريقين أما المفتاحان ب و هـ اللازمان بالدورين الاول و الثانى فهما من النوع ذى الأربعة الأطراف

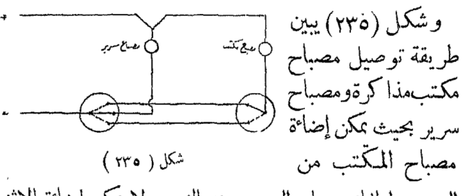
الدور الثالث

الدور الثانى

الدور الأول

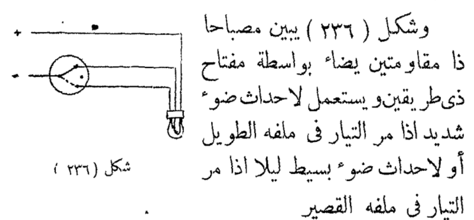
الدور الأرضى

شكل (٢٣٤)

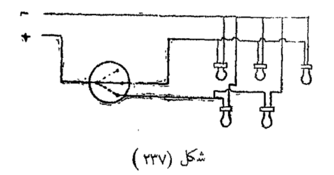


شكل (٢٣٥)

وشكل (٢٣٥) يبين طريقة توصيل مصباح مكتب مذاكرة ومصباح سرير بحيث يمكن إضاءة مصباح المكتب من السرير واطفاء مصباح السرير عند النوم ولا يمكن إضاءة الاثنين فى وقت واحد


شكل (٢٣٦)

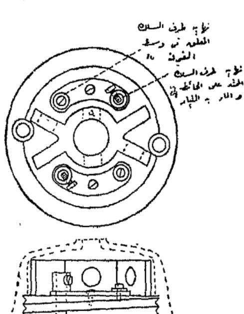
وشكل (٢٣٦) يبين مصباحا ذا مقاومتين يضاء بواسطة مفتاح ذى طريقين ويستعمل لاحداث ضوء شديد اذا مر التيار فى ملفه الطويل أو لاحداث ضوء بسيط ليلا اذا مر التيار فى ملفه القصير


شكل (٢٣٧)

(وشكل ٢٣٧) يبين طريقة توصيل نجفة ذات خمسة مصابيح بحيث يمكن اضاءة اثنين منها على حدة أو ثلاثة على حدة أو الخمسة معاً

(ثانيا) ورد السقوف

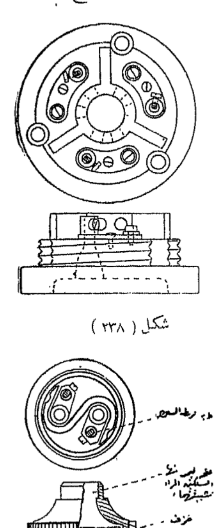
تستعمل الوردة لتثبت فى السقف وتوضع فى دائرة المصباح اذا علق فى وسط الغرفة وهى وسيلة الغرض منها توصيل سلوك المصباح بدائرته لكى تضمن متانة تعايقه وأيضا للسهولة الميكانيكية فى التوصيل بدون حصول أي تماس للسلوك عند ثنيها وهى كالمبينة بشكل (٢٣٨) تتركب من غلاف من خزف الصينى المصقول بداخله لوحان صغيران من النحاس مفصولاّن عن بعضهما بحاجز من الصينى بكل لوح منها ثقبان صغيران أحدهما لتثبيت سلك من سلكى الدائرة الممتدة على الحائط والآخر يثبت فيه أحد سلكى المصباح المعاق وهذه الوردة ذات غطاء من الصينى ذى ثقب يمر منه السلكان المتصلان بالمصباح



(شكـل ٢٣٨)

ولضمان حمل المصباح يجب ان لا يربط السلكان بالثقبين مباشرة بل يمر أحدهما من الفتحة (ا) ويلف ويخترق الفتحة (ب) — وهاتان الفتحتان موجودتان فى أحد جانبى الحاجز الصينى — ويربط فى ثقب اللوح وبالمثل للسلك الآخر

الوردة ذات الثلاثة الالواح : — يستعمل هذا النوع من الورد اذا أريد تعليق نجفة مصابيح بدلا من مصباح واحد ويراد اضاءة بعض المصابيح لها أو جميعها وتركيبها من الداخل كسابقتها غير ان بها ثلاثة ألواح تربط فيها الثلاثة السلوك لدائرتى النجفة المعلقة



شكل (٢٣٨)

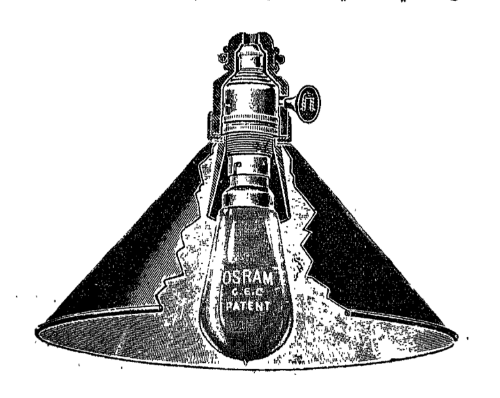
شكل (٢٣٩)

(ثالثا) ماسك المصباح : —

توجد أنواع كثيرة من ماسك المصابيح ولكن النوعين الشائعى الاستعمال هما نوع بيونت ونوع أديسن المقلوظ والمستعمل منها بكثرة الآن هو نوع بيونت المبين بشكل (٢٣٩) ويتركب من زنبركين كل منهما موضوع بداخل اسطوانة مجوفة من النحاس قابلة للتحرك بداخل ثقب لاسطوانة مجوفة أخرى وهذه الاسطوانة المتحركة بتأثير الزنبرك تعمل بملامستها لطرفى المصباح على توصيل التيار

الكهربائى له و يتصل كل زنبرك بقطعة نحاسية يربط فيها السلك المراد توصيله للمصباح بواسطة مسمار محوى وتنفصل القطعتان النحاسيتان عن بعضهما بواسطة حاجز من الصينى على هيئة حرف S ويثبت المصباح بالماسك بواسطة زرين بارزين منه يوضعان في فتحتين بالماسك و بواسطة الضغط عليه لا يمكن أن يسقط اذا حصل له أى اهتزاز . ومثبت فوق الماسك حلقة مقلوظة لتحمل غطاء المصباح وشكل (٢٤٠) يبين مصباحا ذا غطاء مثبت فى ماسك

ويجب ان يلاحظ عند تثبيت السلوك بالماسك ان تكون معزولة جيدا لئلا يحدث قصر من تماسها

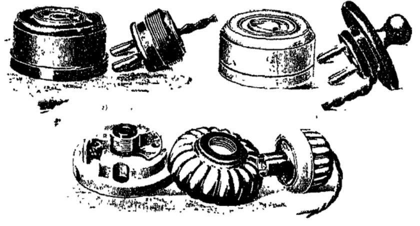


شكل (٢٤٠)

(رابعا) البرايز

تستعمل البرايز في الأحوال التي يراد بها تشغيل مصباح متنقل أو مروحة هوائية أو مكوى أو خلافه

وشكل (٢٤١) يبين ثلاثة أنواع مختلفة منها بغطيانها



شكل (٢٤١)

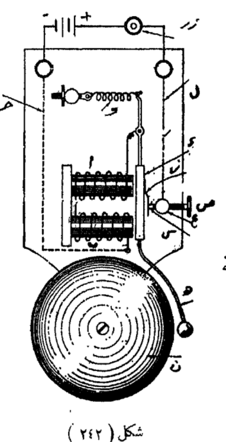
وتصنع البريزة من غلاف من الصيني المصقول ذات قاعدة خشبية لتثبيتها في الحائط وبداخلها ثقبان أسطوانيان يتصلان بمسمارين محويين يربط فيهما سلكا الدائرة الممتدة من الينبوع الكهربائي

ويصنع الغطاء أيضا من غلاف من الصيني المصقول أو من خشب الكوكو يبرز منه أسطوانتان نحاسيتان بحجم الثقوب التي بالبريزة تماما ويتصل بهما سلكا المروحة أو المصباح المتنقل أو المكوى وهذا الغطاء ينتقل مع المروحة بسلوكها عند عدم الاستعمال

فاذا وضع الغطاء على البريزة بأن انطبقت الاسطوانتين البارزتين للغطاء في ثقبي البريزة يتم مرور التيار

بند (١٥٥) الجرس البسيط

يتركب كما في شكل (٢٤٢) من ملفين ا ، ب متصلين بالتوالى ويكونان مغناطيسا كهربائيا بداخل كل منهما قلب من الحديد المطاوع وابتداء هذين الملفين متصل بأحد طرفى الجرس بواسطة الوصلة (م) ونهايتهما تتصل بقطعة معدنية من الحديد المطاوع (ء)موضوعة أمامها وهذه القطعة متصلة من أسفل بمطرقة (هـ) امام ناقوس من البرونز (ن) ومركب بهذه القطعة صفيحة



شكل (٢٤٢)

رفيعة مرنة (زنبركية) (ز) ترتكز بنقطة اتصال من البلاتين (س) على مسمار محوي (ص) مركب فى قطعة نحاسية (ع) متصلة بالطرف الآخر للجرس بواسطة الوصلة (ل) وتكون دائرة سير التيار به من أحد طرفيه الى الملفين فالقطعة المعدنية فالصفيحة الرقيقة فالمسمار فالطرف الآخر

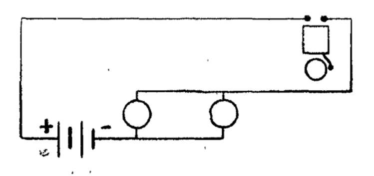
فعند ما يضغط على الزر يمر التيار بملفات الجرس فيتولد مجال مغناطيسى حولها وهذا المجال يمغطس القلوب الحديدية التى بداخلها فتجذب القطعة المعدنية (ء) وتطرق المطرقة الناقوس

وفي هذه اللحظة تنفصل نقطة اتصال الصفيحة الزنبركية (س) عن المسمار المحوى و ينقطع سير التيار فينعدم المجال المغناطيسى فالجذب و ترجع القطعة المعدنية الى نقطة ارتكازها الأولى للمسمار بتأثير الصفيحة الزنبركية و يحصل الاتصال ثانيا و يمر التيار

و هكذا تتكرر الدورة و نحصل على عملية الجذب و الرجوع للمطرقة ما دام الزر مضغوط

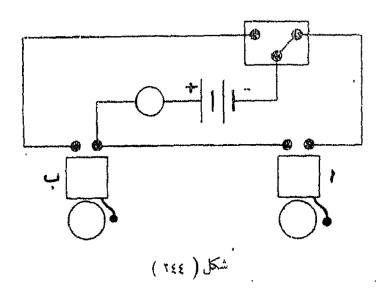
و يوجد في الاجراس الحديثى الصنع ياى منظم (و) فائدته تنظيم الحركة المتتابعة للقطعة المعدنية (و) وذلك بقرب او بعد نقطة الاتصال (س)

وشكل (٢٤٣) يبين دائرة جرس يمكن دقه بواسطة زرين موضوعين فى مكانين مختلفين كغرفتين مثلا



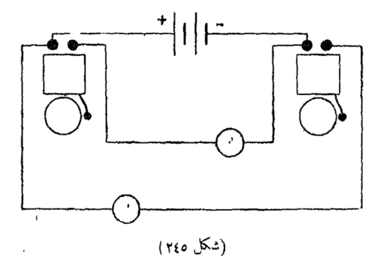
شكل (٢٤٣)

وشكل (٢٤٤) يبين دائرة جرسين يمكن دق كل منهما بواسطة زر واحد و مفتاح ذى طريقين فعندما يكون المفتاح فى الموضع المبين بالشكل فان الزر يجعل الجرس (ا) يدق بمفرده وتستعمل



شكل (٢٤٤)

هذه التوصيلة فى جملة حالات فلنفرض مثلا ان رئيسا لمكتب هندسى يريد ان يكون على اتصال بغرفة الكتبة وغرفة المهندسين فيوضع الزر مع المفتاح ذى الطريقين بمكتب الرئيس وأحد الجرسين بمكتب الكتبة والجرس الآخر بمكتب المهندسين



(شكل ٢٤٥)

وشكل (٢٤٥) يبين دائرة جرسين يمكن دقهما بواسطة

زرين فالزر الموجود بجوار الجرس (ا) يدق الجرس (ب) والزر الموجود بجوار الجرس (ب) يدق الجرس (ا)

وفائدة ذلك هو أنه عند وجود غرفتين (ا) و (ب) مفصولتين إحداهما عن الأخري فالشخص الذي بالغرفة (ا) يمكنه استدعاء الموجود بالغرفة (ب) و بالعكس

وشكل (٢٤٦) يبين توصيلة منبه المناسيب بحيث اذا ارتفع الماء للمنسوب المطلوب تتم دورة الجرس فيدق

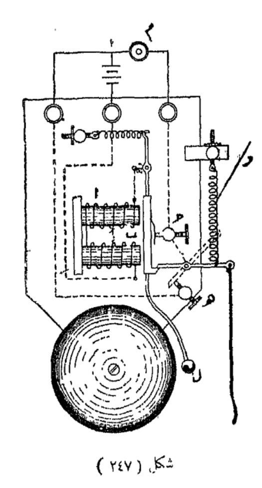
وتستعمل هذه الطريقة بكثرة فى أحواض المياه لتنبه العامل على أن الحوض امتلأ للمنسوب المطلوب

(شكل ٢٤٦)

بند (١٥٦) الجرس المستمر الدق

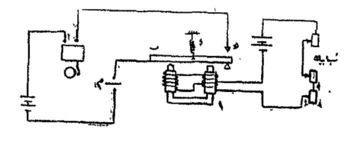
يتركب كما فى شكل (٢٤٧) من ملف مغناطيسى (ا) أمامه رافعة على شكل زاوية (ب) متصلة بمطرقة (ل) أمامها ناقوس ويرتكز عليها قطعة معدنية بأحد طرفيها وطرفها الآخر محمول بواسطة ياى (و) فإذا ضغط على الزر (م) يمر التيار من البطارية الى الملف (ا) الى الرافعة (ب) فالمسمار المحوى (هـ) ويرجع للبطارية وفى هذه اللحظة تنجذب الرافعة (ب) نحو الملف (ا) فتسقط القطعة المعدنية وتتماس مع المسمار (هـ) فتتم

دورة كهربائيـة أخرى مستقلة عن الأولى ويمر التيار بالجرس ويستمر دقه بدون استعمال الزر (م) الذى يصبح لا أهمية له بعد ذلك



شكل (٢٤٧)

وشكل (٢٤٨) يبين دائرة جرس منبه للصوص وتحتوى دائرة الجرس فيه على مفتاح (م) و يفتح بالنهار ـ و يقفل بالليل وعندما تكون الشبابيك مقفلة يستمر مرور التيار بالملف (ا) و تنجذب اليه الرافعة (ب) فاذا فتح أحد الشبابيك



شكل (٢٤٨)

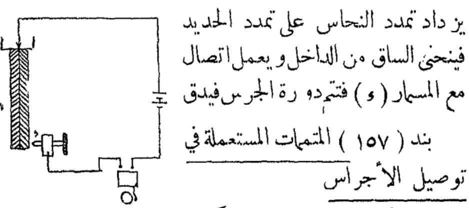
بواسطة لص تنفتح دائرة الملف (ا) فتنعدم مغناطيسيته و تنطرد الرافعة (ب) الى أعلى بواسطة الياي (ء) و تتماس مع النقطة

(ﻫ) و تتم دورة الجرس فيدق

أما شكل (٢٤٩) فيبين دائرة جرس منبه للصوص أيضا بحيث إذا فتح اى شباك تمت دائرة الجرس فيدق

شكل (٣٤٩)

و شكل (٢٥٠) يبين دائرة منبه الحريق فالساق الرأسى (ا) يحتوى على خوصتين اليسرى منهما من النحاس واليمنى من الحديد مثبتتين ببعضهما فعندما تزداد درجة الحرارة يزداد تمدد النحاس على تمدد الحديد فينحنى الساق من الداخل و يعمل اتصال مع المسمار (د) فتتم دورة الجرس فيدق



بند (١٥٧) المتممات المستعملة فى توصيل الأجراس

شكل (٢٥٠)

عندما يراد توصيل جرس يكون موضعه بعيدا بمسافة كبيرة عن مركز الزر كما هى الحالة فى العمارات الكبيرة ويخشى من قلة شدة التيار الخارج من البطارية لبعد المسافة تستعمل المتممات وشكل (٢٥١) يبين متمما لدائرة جرس يتركب من ملف مغناطيس يتصل بدائرة عمود مستقل و معه على التوالى زر و أمام هذا الملف قطعة معدنية حديدية بجانبها نقطة

اتصال دائرة الجرس المستقلة

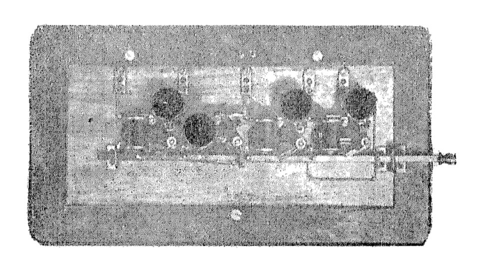
فعند ما يضغط على الزر يمر التيار بالملف فتنجذب

شكل (٢٥١)

القطعة الحديدية ويحدث اتصال دائرة الجرس فيمر التيار فى دائرته ويدق

بند (١٥٨) المبين : —

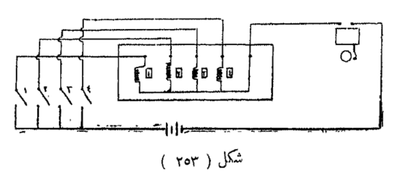
يستعمل المبين في الفنادق والمصالح وخلافها عندما يراد ستعمال جرس واحد لجملة غرف فأذا دق الجرس يرجع الفراش



شكل (٢٥٢)

أو الساعى نحو المبين ومنه يمكنه معرفة نمرة الغرفة التى تطلبه ويحتوى المبين من الداخل على عدد من الملفات المغناطيسية بعدد الغرف الموجودة وكل من هذه الملفات تؤثر على رافعة زاوية

مركزية أمامها بحيث اذا مر التيار بها تجذبها اليها فيسقط قرص دائرى موجود بالرافعة الى الأمام بتأثير ثقله و منه يعلم نمرة هذا القرص وشكل (٢٥٢) يبين منظور المبين ذى أربعة ملفات



شكل (٢٥٣)

و شكل (٢٥٣) يبين توصيله هذا المبين بالاربعة الغرف و من الرسم يمكن بسهولة تتبع سير التيار



الباب العاشر

أجهزة القياس

بند (١٥٩) تسمى الأجزة الخاصة لقياس شدة التيار الكهربائى جلفانو مترات او أمبير مترات

والجلفانومترات هى الخاصة بقياس شدة التيارات الضعيفة او الخاصة بمعرفة وجود تيار أنظر بند (٧٧) الى بند (٨١) و الأمبيرمترات هي الخاصة بقياس التيارات ذات الشدة الكبيرة و قد تسمى أمبير ملليمترات اذا كانت شدة التيار أجزاء من الامبير

تتأسس نظرية عمل الأمبير متر على ثلاثة التأثيرات الخاصة بالتيار الكهربائى وهى التأثير الكيماوى والتأثير الحراري والتأثير المغناطيسى

فالأمبيرمتر الذى يبنى عمله على التأثير الكيماوي هو جهاز يمر فيه التيار الكهربائى في جسم سائل مركب فيتحلل هذا السائل الى عناصره الأولية ومن مقدار ما يتحلل من هذه العناصر يمكن تقدير شدة التيار

و أبسط هذه الانواع هو جهاز (هوفمان) المشروح فى تجربة (٣٢) صفحة ١٦٥

وقد وجد ان التيار اللازم لتحليل ٠،٣٣٥٩ جرام من الماء

الى عنصريه فى مدة ساعة و احدة تكون شدته أمبيرا و احدا

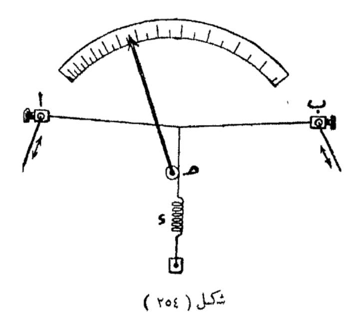
فاذا استعمل هذا الجهاز في قياس شدة التيار فىدائرة كهربائية هو ان يقاس حجم الماء المتحلل فى مدة ساعة ومنه يمكن معرفة شدة التيار المارة

غير ان هذه العملية تستغرق وقتا طويلا فضلا عن احتياجها الى دقة عظيمة واحتياطات هامة والاجهزة اللازمة لها تحتاج إلى عناية كبيرة

لذلك لا تستعمل في الحياة العملية وكل ما تستعمل فيه هو إجراء التجارب لاثبات هذه النظرية فى المعامل أوخلافه

بند (١٦٠) الأمبيرمتر ذي السلك الحرارى :—

تتأسس نظرية عمل هذا الأمبيرمتر على التأثير الحرارى للتيار الكهربائى ويتركب كما فى شكل (٢٥٤) من سلك ا ب



شكل (٢٥٤)

مصنوع من سبيكة من الفضة والبلاتين ومثبت في النقطتين ا و
ب ويربط فى وسط ذلك السلك سلك من البرونز المفسفر اى
(البرنز مع الفسفور) بحيث يكون لينا جدا كالخيط و يلف حول
بكرة « هـ » متحركة ثم يثبت من نهايته بو اسطة ياى « د » في
نقطة و يثبت في محور البكرة مؤشر يتحرك حول قرص مدرج

فعند مرور التيار الكهربائى يسخن السلك و يمتد وحيث أنه
مثبت من طرفيه (ا و ب) فأنه يتقوس كما في الشكل وبذا يتزحزج
السلك البرونز بتأثير شد الياى

فتتحرك البكرة و يتحرك العقرب على القرص المدرج و يسجل
مقدار شدة التيار المناسبة لمقدار التمدد الحادث بالسلك ا ب
و التدريج على هذا الجهاز يعمل عادة بالمقارنة مع أجهزة قانونية
كما سيأتى بعد

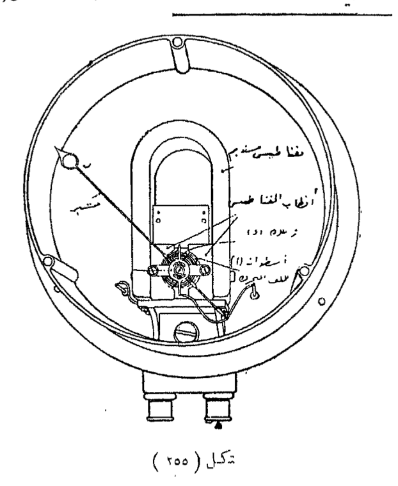
مميزات الجهاز : — (اولا) أنه يصلح لقياس شدة التيارات
المستمرة (الموحدة) وأيضا للتيارات المتغيرة الاتجاه (المتغيرة)
إذ أن كلا منهما يؤثر في السلك فيحدث حرارة ينشأ عنها التمدد
(ثانيا) أنه لا يتأثر بالمجالات المغناطيسية اى أنه اذا وجد بجوار
مغناطيس فأنه لا يتأثر به

عيوب الجهاز — (اولا) أنه لا يقرأ دفعة واحدة بل
يتذبذب المؤشر شيئا فشيئا الى ان يتمدد السلك لأعظم تمدد
مناسب الى أعلى درجة حرارة يحدثها التيار (ثانيا) لا يستعمل
لقراءة شده التيار الكبيرة خوفا من سيحان السلك الداخلى للجهاز

ولذا يحفظ الجهاز بواسطة مصهر بحيث اذا استعمل وكانت الشدة كبيرة فان المصهر يحترق ويحفظ الجهاز (ثالثا) غلو ثمنه لدقة صناعته ومع ذلك فقد يستعمل هذا النوع للتيارات الكبيرة اذا أستعمل معها المجزء للتيار كما سيأتى بعد

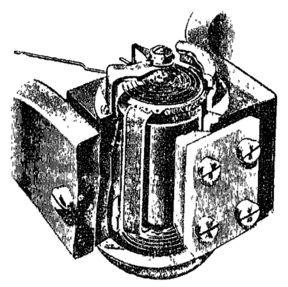
بند (١٦١) الأمبيرمترات المؤسس عملها على التأثيرات المغناطيسية

الأمبيرمتر ذو الملف المتحرك : — يتركب كما فى شكل (٢٥٥)



شكل (٢٥٥)

من مغناطيس صناعى مستديم على هيئة نعل الفرس موضوع بين قطبيه أسطوانة (ا) ملفوف عليها سلك كما هو مبين بمنظور الاسطوانة ويوجد في محور الاسطوانه مشير (ب) يتحرك بتحرك الأسطونة وهذه الاسطوانه ومعها السلك والمؤشر مثبتة فى مكانها بواسطة زنبرك دائرى (ء) (يشبه زنبرك الساعة) أمام وخلف الملف ويجب ان يكون هذا الزنبرك موصلا كهربائيا لطرفى الملف



شكل (٢٥٥) مكرر

فعند مرور التيار الكهربائى فى الملف يتولد مجال مغناطيسى تكون خطوطه عمودية على سطح الملف

فى هذه الحالة يكون اتجاه الخطوط المغناطيسية المتولدة من المغناطيس المستديم أفقيا واتجاه الخطوط المتولدة من التيار

الكهربائى في الملف رأسية ومتعامدة مع الخطوط الأولى

ويعمل وضع الملف في حالة عدم مرور التيار بحيث يكون سطح الملف يوازى خطوط القوى المغناطيسية الناشئة من المغناطيس المستديم

وعند مرور التيار في الملف يتكون مجال مغناطيسى لهذا التيار ويكون اتجاهه عموديا على سطح الملف

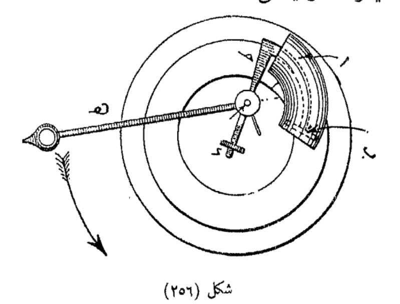
الا أن وجود هذين المجالين يعمل على إدارة الملف حول محور التعليق بحيث يصبح سطح هذا الملف مائلا على اتجاه خطوط القوي المغناطيسية الناشئة من المغناطيس المستديم

يستعمل هذا الجهاز للتيارات المستمرة (الموحدة) ولا يصلح استعماله للتيارات المتغيرة وذلك لأن اتجاه حركة الملف تتوقف على اتجاه سير التيار

ومزايا هذا الجهاز :— (أولا) إنه يقرأ الشدة مباشرة (ثانيا) مقدار الخطأ الناتج من الاحتكاك يكاد أن يهمل نظرا لأن المجال المغناطيسى المستديم يعطى قوة تحركية للملف بأقل شدة للتيار (ثالثا) المفقود من القوة بداخل الجهاز قليل جدا (رابعا) انتظام تدريج الجهاز نظرا لانتظام المجال المغناطيسى الناتج من المغناطيس المستديم

وعيوب هـذا الجهاز : — أنه يتأثر بالمجالات المغناطيسية الخارجية ولو أنه غالبا يحاط بما يمنع تأثير هـــذه المجالات على قدر الامكان

بند (١٦٢) الأمبير متر ذو القلب المتحرك : — يتركب من ملف (ا) داخله ثقل (ب) يعرف بالقلب ويكون من الحديد المطاوع في رافعة مركزية (حـ) وطرف الرافعة الآخر منته بثقل مقلوظ (ء) كما هو مبين بشكل (٢٥٦) متحرك على ساق الرافعة لسهولة عملية الاتزان وعند نقطة ارتكاز الرافعة يثبت المؤشر (هـ) بحيث يكون عموديا على الرافعة



شكل (٢٥٦)

فعند مرور تيار كهربائى بطرفي الملف يحدث مجال مغناطيسى يحيث تكون خطوط القوة عمودية على مستوى الملف أي على

استقامة محور الملف فينجذب القلب الحديدى داخل الملف تحت تأثير هذا المجال وبذا يتحرك المؤشر من الغرب الى الشرق كما هو مبين بالشكل على القوس المدرج

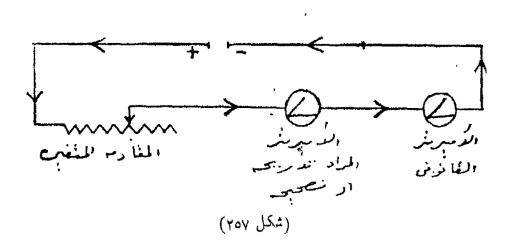
وعند انتهاء العمل يأخذ المؤشر موضعه الأول وذلك بالنسبة للثقل الموجود

فمهمة الثقل الذى فى طرف الرافعة هى رجوع المؤشر الى الصفر عند قطع دائرة سير التيار

وعيوب هذا الجهاز أنه يتأثر بالمجالات المغناطيسية

بند (١٦٣) الأمبير مترات القانونية

الأمبيرمتر القانونى عبارة عن أمبيرمتر مضبوط يحفظ دائما فى المعامل لتدريج الأمبيرمترات الجديدة الصنع أو لضبط الأمبيرمترات الأخري المستعملة وكيفية ذلك هو أن يوصل الأمبيرمتر المرادتدريجه أو اختباره بالتوالى مع كل من الامبيرمتر القانونى ومقاومة متغيرة منظمة كما هو مبين بشكل (٢٥٧) فى دائرة كهربائية



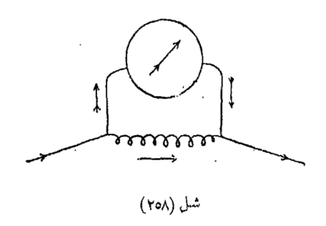
(شكل ٢٥٧)

فعند مرور التيار يمكن بواسطة المقاومة المتغيرة جعل مقدار التيار كما نريد ويدرج بمقتضى ذلك الاميرمتر المراد تدريجه وان كان المراد تصحيح أمبيرمتر غير مضبوط فيجرى التصحيح على حسب قراءة الامبيرمتر القانونى . وكيفية ذلك أن يعمل رسم بيانى يبين القراءة الصحيحة والقراءة غير الصحيحة ولتكن القراءة الصحيحة مأخوذة على الاحداثى الافقى والقراءة غير الصحيحة على الاحداثى الرأسى ونأخذ عدة قراءات للأمبيرمتر الصحيح ونرى ما يقابلها فى الأمبيرمتر الخطأ ثم نوصل هذه النقط بمنحنى وعلى ذلك فكل أمبيرمتر غير صحيح يصحبه دائما ورقة مرسوم عليها المنحنى السابق الذكر منعا للخطأ

وفي هذه الحالة يمكن معرفة القراءة الصحيحة المقابلة لأى قراءة كانت للجهاز الغير المضبوط

بند (١٦٤) الامبيرمترات ومجزيء التيار

عندما يستعمل جهاز الأمبيرمتر لقياس شدة تيار أكبر من طاقته فانه يلزم وضع مقاومة قيمتها صغيرة بالتوازى مع الجهاز ويقال لهذه المقاومة بالمجزىء أو (الشنط) شكل (٢٥٨)



شكل (٢٥٨)

وتتوقف معرفة شدة التيار الكلية المارة بالجهاز وبالمجزيء على قيمة مقاومة ملفات الجهاز ومقاومة المجزيء أحدهما بالنسبة للآخر فالتيار الكلى المار من ا الى ب لايمر جميعه بالأمبيرمتر بل ينقسم الى جزئين

فلو فرض أن ت = شدة التيار الكلية و $ت_١$ = الشدة المارة بالامبيرمتر و $ت_٢$ = الشدة المارة بالمجزيء و $م_١$ = مقاومة الجهاز

و $م_٢$ = مقاومة المجزيء

و هـ = فرق الجهد على طرفي الجهاز والمجزيء وقيمته ثابتة لكل من المجزيء والجهاز لاتصالها بالتوازى

فمن قانون أوهم $هـ = ت_١ م_١ = ت_٢ م_٢$

المقاومة الكلية لكل من الجهاز المجزيء $= \frac{١}{\frac{١}{م_١} + \frac{١}{م_٢}} = \frac{م_١ م_٢}{م_١ + م_٢}$

$$هـ = \frac{م_١ \times م_٢}{م_١ + م_٢} \times ت = ت_١ \times م_١ = ت_٢ \times م_٢$$

$$\therefore ت_١ = \frac{م_٢}{م_١ + م_٢} \times ت \quad و \quad ت_٢ = \frac{م_١}{م_١ + م_٢} \times ت$$

$$و \quad ت = \frac{م_١ + م_٢}{م_١} \times ت_٢ \qquad \therefore \frac{ت}{ت_١} = ١ + \frac{م_١}{م_٢}$$

$$و \quad \frac{ت}{ت_٢} = ١ + \frac{م_٢}{م_١}$$

ومعنى ذلك ان نسبة شدة التيار الكلى الى شدة التيار المارة فى الجهاز كنسبة مقاومة الجهاز الى مقاومة المجزيء زائدا واحدا صحيحا ونسبة شدة التيار الكلى الى شدة التيار المارة فى المجزيء كنسبة مقاومة المجزيء الى مقاومة الجهاز زائدا واحدا

مثال :—

نفرض اننا نريد استعمال أمبير متر النهاية العظمى لقراءته ٢٠ أمبير في دائرة كهربائية شدة التيار فيها ٨٠ أمبير وكانت مقاومة الأمبر متر ١٠و٠ أوهم ويطلب معرفة مقاومة المجزيء فنجرى العمل كما يأتى

$$\frac{٨٠}{٢٠} = ١ + \frac{١٠و٠}{م_٢}$$

$$٤ = ١ + \frac{١٠و٠}{م_٢} \therefore ٣ = \frac{١٠و٠}{م_٢} \text{ ومنه } م_٢ = \frac{١٠و٠}{٣} = ٠٠٣٣و٠$$

أوهم

أي ان مقاومة المجزيء الذي يجب ان يستعمل ٠٠٣٣و٠ أوهم

بند (١٦٥) الفولتمترات

الفولتمتر عبارة عن جهات يمكن بواسطته قياس الضغط الكهربائى او فرق الجهد الكهربائى او القوة الدافعة الكهربائية

وتركيبه من الداخل مثل تركيب الأمبيرمتر تماما غير أنه يختلف عنه من حيث مقدار المقاومة الداخلية

فالمقاومة الداخلية للفولتمتر يجب ان تكون كبيرة جدا بخلاف المقاومة الداخلية للأمبيرمتر فأنها صغيرة جدا والسبب فى ذلك هو ان الفولتمتر دائما يتصل بالتوازى بين النقطتين المراد قياس فرق الجهد بينهما اذن يجب ان تكون مقاومة ملفات الفولتمتر كبيرة جدا لئلا تحول جزءا كبيرا من التيار في ملفات الجهاز فيقل الضغط المراد قياسه (أنظر جمع المقاومات على التوازى بند ١١٠)

ولبيان ذلك نفرض ان مقاومة الفولتمتر صغيرة و تساوي أوهما واحدا مثلا و مقاومة الدائرة المراد معرفة ضغطها هى ١٠ أوهم وشدة التيار في الدائرة قبل توصيل الجهاز = ١٠ أمبير

∴ الضغط المراد قياسه = ١٠ × ١٠ = ١٠٠ فولت

فعنــد توصيل الجهاز تـكون المقاومة الكلية = $\frac{١}{\frac{١}{١} + \frac{١}{١٠}}$

= $\frac{١٠}{١١}$ أوهم

∴ شدة التيار فى الدائرة بما فيها الجهاز = $\frac{١٠٠}{\frac{١٠}{١١}}$ = ١١٠ امبير

اما اذا كانت مقاومة الجهاز كبيرة مثل ٣٠٠٠ أوهم

فالمقاومة الكلية = $\frac{١}{\frac{١}{٣٠٠٠} + \frac{١}{١٠}}$ = $\frac{٣٠٠٠}{٣٠١}$ = ١٠ أوهم تقريبا

وعلى ذلك فشدة التيار المارة فى الدائرة = $\frac{١٠٠}{١٠}$ = ١٠ أمبير تقريبا اى كما كانت قبل توصيل الجهاز مع فرق يمكن اهماله

∴ كلما كبرت مقاومة الجهاز قل الخطأ فى قياس الضغط هذا فضلا عما يفقد من القدرة في الجهاز على شكل حرارة (ت^{٢} م) نتيجة اندفاع التيار فى الجهاز اذا كانت مقاومته صغيرة

وبالفعل اضافة الفولتمتر الى الدائرة لا بد أن يؤثر فى توزيع التيار فيها خصوصا اذا كانت الدائرة الاصلية قبل توصيل الفولتمتر كبيرة المقاومة فمثلا

اذا كانت مقاومة الدائرة المراد قياس ضغطها ٢ × ١٠^{٥} أوهم وكان الضغط بين طرفيها هو ٢٠٠٠ فولت

فان شدة التيار المـارة بالدائرة $= \frac{٢٠٠٠}{٢ \times ١٠^{٥}} = \frac{١}{١٠٠}$ أمبير

أي شدة صغيرة جدا

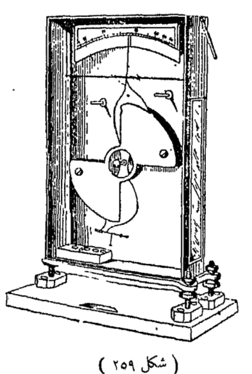
فلو وضع الفولتمتر بالتوازى فى الدائرة ليسجل لنـا ضغطها يلاحظ عدم حصول أى انحراف له وذلك ناتج من مرور التيار الصغير جدا في مقاومة الفولتمتر بدلا من مروره فى الدائرة الاصلية ذات المقاومة العالية .

وفي هذه الحالة (كبيرة المقاومة) يجب استعمال فولتمتر خاص ذى مقاومة كبيرة جدا أو يستعمل الفولتمتر الالكتروستاتيكى

بند (١٦٦) الفولتمتر الالـكتروستاتيكى

أول من اخترع هـذا هو اللورد كالفن ويتركب كما فى شكل (٢٥٩) من ربعين من قرص دائري في اتجاهين مضادين

والربعان الآخران من القرص الدائري مزالان وأيضا من ابرة رفيعة تتحرك على محور أفقى مركب في نهايتها ثقل للاتزان وتتصل الابرة بكل من الربعين



(شكل ٢٥٩)

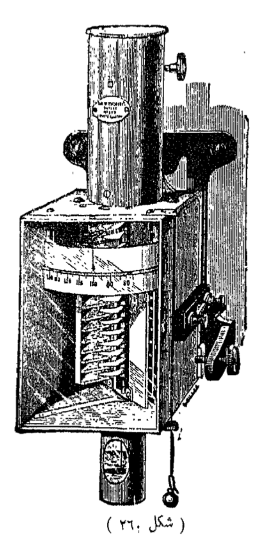
فعندما يتكهرب الجهاز تكون الابرة والربعان ذات فرق جهد واحد وبذلك يحصل تنافر بين الابرة والربعين ويحصل انحراف للابرة يمكن تسجيله بواسطة مؤشر يتحرك حول قرص متدرج

ومقدار القوة المؤثرة على الابرة تتناسب مع مربع فوق الجهد (الضغط)

ويستعمل هذا الجهاز لقياس فرق الجهد أو الضغط بين نقطتين أو بين جسمين وذلك بتوصيل أحد الطرفين الى الابرة والطرف الآخر للربعين

ولقد أمكن عمل جهاز من هذا النوع اكثر حساسة وذلك بوضع عدد من الابر مع السلك العمومى الرأسى بحيث تكون كل منها معلقة في وضع أفقى كما هو مبين بشكل (٢٦٠) وهذه تجذب بواسطة عدد من الاقراص الربع الدائرية والموضوعة بين الابرة كما هو موضح من الرسم

و يستعمل هذا الجهاز لقياس الضغوط العالية حيث يوصل أحد الطرفين المراد قياس الضغط بينهما الى الابرة بينما الطرف الآخر يوصل بالربعين و يكون الانحراف مناسبا لمربع الجهد



(شكل ٢٦٠)

واذا أريد استعمال الفولتمتر لتسجيل ضغط أكبر من طاقته فتوضع معه مقاومة بالتوالى لتمتص زيادة الضغط بخلاف الأمبير متر اذا أريد استعماله لتسجيل شدة أكبر من طاقته فتوضع له مقاومة بالتوازي (مجزىء)

ولنأخذ المثال الآتى كتطبيق لكل من الفولتمتر والأمبير متر

جهاز ذو ملف متحرك مقاومته الداخلية ١٠٠ أوهم مصمم لجهد قدره ٣ فولت

والمطلوب معرفة المقاومة المطلوبة و كيف يمكن وضعها اذا استعمل الجهاز

(أولا) كفولتمتر يقرأ لغاية ٣٠٠ فولت (ثانيا) كأمبيرمتر يقرأ لغاية ٧٥ أمبير

الحـــل

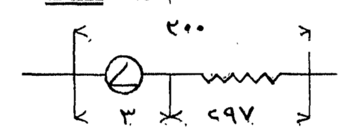
أولا :

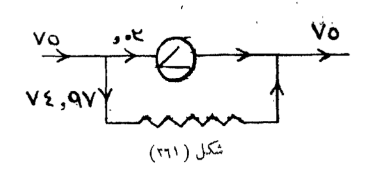
حيث أن الجهاز لا يتحمل أكثر من ٣ فولت فيجب الحصول على مقاومة لتتحمل فرق الجهد ٣٠٠ — ٣ = ٢٩٧ فولت

وتتصل معه بالتوالى وحيث أنها متصلة معه بالتوالى فتكون الشدة ثابتة أعنى أن الشدة المـارة بالجهاز هى بعينها الشدة المارة بالمقاومة المطلوبة

∴ الشدة المارة بالجهاز = $\frac{٣}{١٠٠}$ = ٠٣ر أمبير

∴ قيمة المقاومة المطلوبة = $\frac{٢٩٧}{٠٣ر٠}$ = ٩٩٠٠ أوهم





شكل (٢٦١)

ثانيا :

حيث أن الجهاز مصمم ليتحمل شدة $= \frac{٣}{١٠٠} =$ ٠٣ر٠ أمبير

∴ الشدة اللازم مرورها بالمقاومة المطلوبة

$=$ ٧٥ — ٠٣ر٠ $=$ ٩٧ر٧٤ أمبير

وحيث أن هذه المقاومة متصلة بالتوازى مع الجهاز فالضغط ثابت بين طرفيها و يساوى لضغط الجهاز ٣ ڤولت

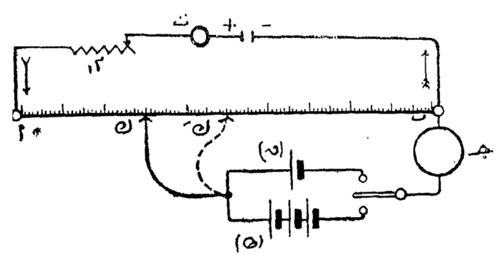
∴ قيمة المقاومة المطلوبة $= \frac{٣}{٧٤٫٩٧} = \frac{١}{٢٤٫٩٩}$ أوهم

بند (١٦٧) البوتانشيومتر

البوتانشيومتر هو جهاز يستعمل (أولا) لقياس القوة الدافعة الكهربائية أو فرق الجهد (ثانيا) لقياس شدة التيار الكهربائى (ثالثا) لقياس قيمة أي مقاومة ما

(أولا) — طريقة قياس القوة الدافعة الكهربائية أو فرق الجهد

يتأسس عمل هذا الجهاز على نظرية سقوط الضغط فى موصل ذي مقاومة منتظمة و يتركب من سلك اب سطح مقطعه واحد مصنوع من معدن المانجنين وتكون مقاومته إذن متناسبة مع طوله ومثبت بجواره مقياس مدرج و يمر بهذا السلك تيار من ينبوع خارجى كبطارية ثانوية مثلا ذو شدة ثابتة يمكن معرفتها بواسطة أمبيرمتر (ت) يوضع بالتوالى في دائرته وكذا مقاومة منظمة ($م_١$) لحفظ الشدة ثابتة شكل (٣٦٢)



شكل (٢٦٢)

واذا أريد قياس القوة الدافعة الكهربائية لبطارية (ط) مثلا فانه يؤتى بعامود قانونى كعمود كلارك معلومة قوته الدافعة الكهربائية ويوضع فى الدائرة مع جلفانومتر (ج) ومفتاح بحيث يكون سير التيار الخارج منه مضادا لسير التيار المار بالسلك ا ب كذلك يكون توصيل البطارية المراد قياس قوتها الدافعة الكهربائية

والشكل يبين البطارية والعمود القانونى محكومين بواسطة مفتاح توصيل واحد ذى سكتين بحيث أنه عندما يكون المفتاح متصلا الى أعلى فانه يوصل دائرة العمود القانونى بالجلفانومتر وفي هذه الحالة تحرك النقطة المنزلقة (ك) على طول السلك (اب) حتى لا يحصل أي انحراف للجلفانومتر بحيث تكون قراءته صفرا وعندئذ يصير فرق الجهد بين ب ك اللازم لارسال تيار فى الفرع (ك ت ب) يتعادل مع القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانونى (ت)

بعد ذلك نصل المفتاح الى أسفل فيوصل دائرة البطارية المراد

معرفة قوتها الدافعة الكهربائية بالجلفانو متر وتحرك النقطة المنزلقة الى الموضع (كَ) الذى فيه تكون قراءة الجلفانو متر صفراً أيضاً فتكون

$$\frac{\text{القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانونى المعلومة}}{\text{القوة الدافعة الكهربائية للبطارية المجهولة}} = \frac{\text{الطول ب ك}}{\text{الطول ب كَ}}$$

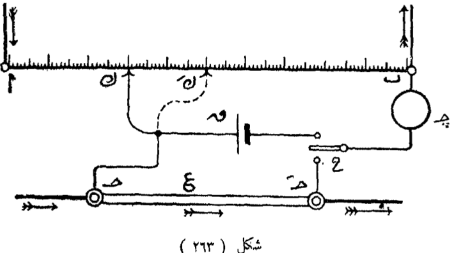
اذن القوة الدافعة الكهربائية للبطارية =

$$\text{القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانونى} \times \frac{\text{الطول ب كَ}}{\text{الطول ب ك}}$$

ملحوظة — نلاحظ فى هذه الحالة ان القوة الدافعة الكهربائية تتناسب مع الطول وهذا لا يمكن الا اذا كانت شدة التيار المارة بالسلك (ا ب) ثابتة وأيضاً يجب ان تكون القوة الدافعة الكهربائية المراد قياسها أقل من فرق الجهد بين الطرفين ا ب

(ثانيا) طريقة قياس شدة التيار الكهربائى

يمرر التيار المراد قياسه بخوصة من البلاتين (هـ هـَ) شكل (٢٦٣)



شكل (٢٦٣)

معلومة مقاومتها (ع) وذات مقطع مستعرض كبير يكفى لمرور التيار الكهربائى بها بدون ان يحدث أى فقد منه على شكل حرارة متشععة

ويوضع المفتاح الى أسفل فيتولد فرق جهد بين طرفى الخوصة من مرور التيار المراد قياسه بها وهذا يتعادل مع فرق الجهد فى السلك ا ب بواسطة تحريك النقطة المنزلقة ى حتى لا يحصل اي انحراف للجلفانومتر فيكون الطول ب ى متناسبا مع فرق الجهد على طرفى الخوصة من مرور التيار المراد قياسه

ويوضع المفتاح الى أعلى وبتحريك النقطة المنزلقة الى ىَ ليكون قراءة الجلفانومتر الصفر فأن الطول ب ىَ يتناسب مع القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانونى (ن)

$$\therefore \frac{\text{فرق الجهد على طرف الخوصة}}{\text{القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانونى}} = \frac{\text{الطول ى ب}}{\text{الطول ىَ ب}}$$

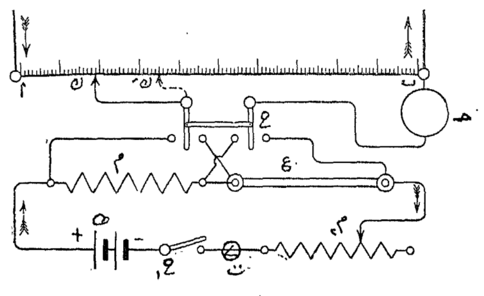
ومنه فرق الجهد على طرف الخوصة =

$$\text{القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانونى} \times \frac{\text{الطول ى ب}}{\text{الطول ىَ ب}}$$

وحيث ان مقاومة الخوصة = ع

$$\therefore \text{شدة التيار المار بها} = \frac{\text{فرق الجهد على طرف الخوصة}}{\text{مقاومة الخوصة (ع)}}$$

(ثالثا) طريقة استعمال البوتانشيومتر لقياس المقاومة



(شكل ٢٦٤)

اذا أريد قياس مقاومة (م) مثلا فأنها توضع بالتوالى مع مقاومة معلومة (ع) وبطارية ثانوية (ط) ومقاومة منظمة (م٢) وأمبيرمتر (ت) ومفتاح (ع١) شكل (٢٦٤) وفائدة المفتاح القطبي المضاعف (ع) هو إما ان يوصل طرفي المقاومة المعلومة مع الجلفانومتر والنقطة المنزلقة اذا تحرك الى اليمين أو يوصل طرفي المقاومة المراد قياسها مع الجلفانومتر والنقطة المنزلقة اذا تحرك الى اليسار

وكيفية تشغيل الجهاز هو ان يوصل دائرة البطارية بقفل المفتاح (ع١) وتنظيم الشدة الخارجة منها بواسطة المقاومة المنظمة (م٢) حتى تكون ثابتة وبتوصيل طرفى المقاومة المعلومة

بتحريك المفتاح (ع) الى اليمين يمكن معرفة الطول الذى يتناسب مع فرق الجهد على طرفيها وليكن ب ك وأيضا بتوصيل طرفى المقاومة المجهولة بتحريك المفتــاح (ع) الى اليسار يمكن معرفة الطول الذى يتناسب مع فرق الجهد على طرفيها وليكن ب كَ وحيث ان شدة التيار المارة بكل من المقاومة المعلومة والمجهولة ثابتة

∴ شدة التيار هذه = $\frac{\text{فرق الجهد على طرفي المقاومة المعلومة}}{\text{قيمة المقاومة المعلومة}}$

= $\frac{\text{فرق الجهد على طرفى المقاومة المجهولة}}{\text{قيمة المقاومة المجهولة}}$

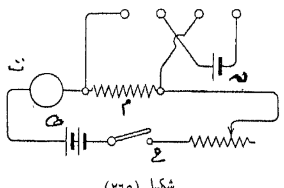
أو = $\frac{\text{المقاومة المعلومة (ع)}}{\text{الطول ب ك}} = \frac{\text{المقاومة المجهولة (م)}}{\text{الطول ب كَ}}$

∴ المقاومة المجهولة (م)

= المقاومة المعلومة (ع) × $\frac{\text{الطول ب كَ}}{\text{الطول ب ك}}$

هـذا ويمكن بطريقة أخرى ايجاد قيمة المقــاومة المجهولة باستعمال عامود قانونى معلوم قوته الدافعة الـكهربائية بدلا من استعمال المقاومة المعلومة في الدائرة الـكهربائية وفى هذه الحالة تكون

$\frac{\text{القوة الدافعة الـكهربائية العمود القانونى المعلومة}}{\text{فرق الجهد على طرفى المقاومة المجهولة}} = \frac{\text{الطول ب ك}}{\text{الطول ب كَ}}$



شكل (٢٦٥)

ومنه فرق الجهد على طرفى المقاومة المجهولة

$$= \text{القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانونى المعلومة} \times \frac{\text{الطول ب ك}'}{\text{الطول ب ك}}$$

وحيث ان الشدة المارة بالمقاومة المجهولة يمكن معرفتها من الامبيرمتر ت

$$\therefore \text{المقاومة المجهولة} = \frac{\text{فرق الجهد على طرفى المقاومة المجهولة}}{\text{شدة التيار المارة بها}}$$

الواتمترات

بند (١٦٨) تمهيد : — في الدوائر الكهربائية ذات التيار الموحد الاتجاه (مستمر) يمكن بسهولة معرفة القدرة الكهربائية بها بتوصيل أمبيرمتر بالتوالى ليسجل الشدة وفولتمتر بالتوازى على طرفى حمل الدائرة ليسجل الضغط فتكون القدرة بالوات = قراءة الامبيرمتر × قراءة الفولتمتر

لذلك عمل جهاز الواتمتر ليسجل القدرة مباشرة بدون استعمال أمبيرمتر وفولتمتر ويتأسس تركيبه من الداخل على نظرية أساسها الفولتمتر والامبيرمتر معا

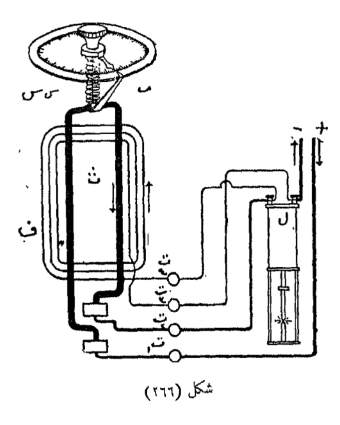
ففى النوع المسمى (دينامو متر واتمتر) يوجد ملفان أحدهما مثبت ومتصل بالتوالى ليكون ملف الشدة والآخر متحرك ومتصل بالتوازي ليكو ملف الضغط

أما فى الدوائر الكهربائية ذات التيار المتغير الاتجاه (متغير) فان القدرة بالوات لاتساوي حاصل ضرب الضغط × الشدة بل تساويهما مضروبا فى معامل القدرة . لذلك يستعمل نوع آخر من الواتمترات يسمى بالنوع الاستنتاجى ويستعمل بكثرة لزيادة استعمال التيارات المتغيرة فى وقتنا الحالى نظرا لميزاتها التى سيأتى الكلام عنها فى الاجزاء الاخري من كتابنا هذا

بند (١٦٩) دينامو متر واتمتر :—

أول جهاز من هذا النوع عمل بواسطة شركة سيمنس الكهربائية ونظرية تركيبه من الداخل مبينة بشكل (٣٦٦) ويمكن أن يستعمل في كل من الدوائر الكهربائية ذات التيار الموحد الاتجاه او التيار المتغير الاتجاه اذا وصل مع ملف الضغط مقاومة خارجة بالتوالى

ويتركب من ملف (ث) ذى سلك سميك وعدد لفاته قليلة ومعلق بواسطة خيط معدنى بحيث يمكن ان يتحرك بسهولة ضد التواء نائج من زنبرك س س



شكل (٢٦٦)

و كل من طرفي هـذا الملف متصل بفنجان من الزئبق حيث تتصل كل منها بالطرفين ت١ و ت٢ ويكون إذن هذا الملف المتحرك هو ملف الشدة ، ومثبت به مؤشر ب ليتحرك فوق قرص مدرج بواسطته يمكن تسجيل مقدار انحراف أو تحرك الملف

و بداخل الملف ث يوجد ملف الضغط (ف) ثابت في موضعه ويحتوى على عـــدد من السلوك الرفيعة الدقيقة تتصل نهاياتها بالطرفين الآخرين ت٣ و ت٤

ويكون مستوى ملف الشدة (ث) على زاوية قائمة مع مستوى ملف الضغط (ف) كما هو مبين بالشكل عنـد ما لا يمر أى تيار كهربائى بالجهاز

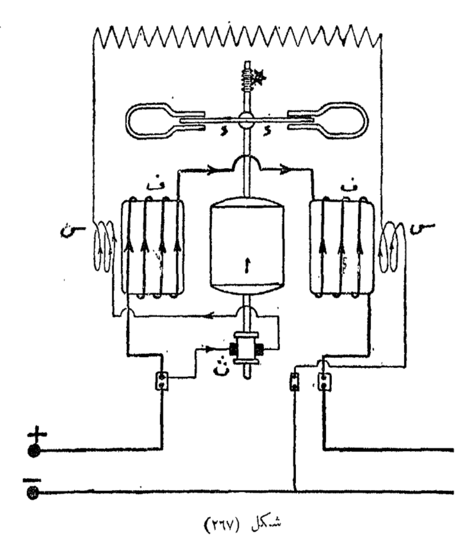
وعند استعمال الجهاز في أى دائرة كهربائية يمر التيار بكل من ملفى الشدة والضغط فيتحرك ملف الشدة بحيث يكون مستواه بالتوازي مع مستوى ملف الضغط وهذا التأثير ناتج من مقدار الجذب والتنافر بين جوانب الملفات لأن المجال المغناطيسي للملف المتحرك قابل لأن يدور و يأخذ معه الملف بحيث يقع مستويه بالتوازى وفى اتجاه ملف الضغط الثابت وفي هذه الحالة يتحرك المؤشر مع تحرك الملف و يسجل مقدار الانحراف الذى يتناسب مع القدرة الكهربائية

ولاستعمال الجهاز فى الدوائر الكهربائية فانه يوصل الطرفان $ت_١$ و $ت_٢$ بدائرة سير التيار والطرفان $ت_٣$ و $ث_٤$ بالتوازى مع الحمل وشكل (٢٦٦) يبين اتصاله بدائرة مصباح قوسى (ل)

بند (٢٧٠) العداد — هو جهاز يستعمل لتسجيل الكيلواتات ساعة (عدد الوحدات التجارية الكهربائية) المستهلكة في أى حمل كان وهو على أنواع كثيرة ولكننا سنقتصر في كتابنا هذا على ذكر المهم منها والمستعمل بكثرة

عداد تومسن :— عمل هذا الجهاز بواسطة شركة (تومسن هوستن) وهو في الحقيقة عبارة عن محرك ذي قطبين وعضو استنتاج (منتج) غير محتوى على قلوب حديدية

ويتركب كما فى شكل (٢٦٧) من ملفين ف ف مستطيلي الشكل مثبتين ومتصلين بالتوالى مع الحمل وفي وسطهما منتج أسطوانى



شكل (٢٦٧)

(ا) يحتوى على ثمانية ملفات من السلوك الرفيعة الدقيقة ملفوفة على قوالب من مادة غير ممغطسة ونهايتها تتصل بمحور رأسى دائري محمول على كراسى عديمة الاحتكاك تقريبا وهـذا المنتج متصل بالتوالى بداخل الجهاز مع مقاومة غير استنتاجية وأيضا مع ملفين س س مساعدة للملفين ف ف الاصليين ويولدان مجالا مغناطيسيا في نفس اتجاههما عند مرور التيار وهـذه المجموعة

المكونة من المنتج والمقاومة والملفين س س متصلة بالتوازى مع الحمل وفى هذه الحالة يمر بها جزء من التيار الكهربائى سواء كان هناك حمل أم لا

ويمر التيار بالمنتج بواسطة فرشتين من الفضة ملحوم بهاسلوك من البرنز الفسفوري ومرتكزة على عضو توحيد (توزيع) (ث) يحتوى على ثمانية قطع من الفضة معزولة عن بعضها بمادة الميكا ومركب على المحور الرأسى الدائرى

ومثبت بالمحور الرأسى قرص دائري (ء) من معدن النحاس فوق المنتج يتحرك بين قطبي مغناطيسين على هيئة نعل الفرس

وفي نهاية العمود الرأسى بريمة لانهائية معشقة مع جملة تروس لتسجيل عدد الدورات التى يعملها المنتج

فعند ما يوضع الحمل وليكن مصابيح فى الدائرة يمر التيار في الملفين (ف ف) فيتولد مجال مغناطيسى أفقى مناسب مع الشدة المعطاة للحمل

وحيث ان المنتج دائما يحمل تيارا كهربائيا متناسبا مع الضغط فتتولد اذن قوة تؤثر على موصلات هذا المنتج وتحدث عزم دوران له وتكون هذه القوة متناسبة مع القدرة الكهربائية المارة بالدائرة اي لحاصل ضرب الشدة بالأمبير في الضغط بالفولت ويدور بذلك المنتج وحيث ان المنتج محمول على كراس عديمة الاحتكاك فتزداد سرعته مهما كانت قيمة القدرة الكهربائية لغاية ماتكون القوة الدافعة الكهربائية المضادة مساوية للقوة الدافعة الكهربائية الاصلية

ولتلافي ذلك وضع القرص المعدنى (ى) الذى يتحرك بين الاقطاب المغناطيسية فعند تحركه في مجال هذه الأقطاب يتولد به تيارات اعصارية مضادة لاتجاه حركته فتقلل سرعته و تفرمله وبواسطتها يمكن ضبط سرعة العداد وذلك بتقريب الاقطاب نحو القرص ليزداد المجال المغناطيسى وتزداد التيارات الاعصارية المفرملة أو بعدها عنه لاقلالها

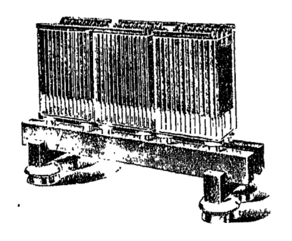
وليلاحظ ان حركة دوران المنتج ليست متناسبة مع القدرة بالوات المارة بالحمل فقط بل تتناسب أيضا مع زمن استعمال هذه القدرة

فمثلا لنفرض ان قدرة الحمل كانت ٥٠٠ وات وان العداد يعمل دورة واحدة في كل ثانية فاذا استمر هذا الحمل ثابتا لمدة ساعتين فان القدرة المستهلكة تكون ٥٠٠ × ٢ = ١٠٠٠ وات ساعة (اى وحدة تجارية كهربائية) ويدور العداد ٢ × ٦٠ × ٦٠ = ٧٢٠٠ دورة

واذا استمر الحمل ثابتا لمدة ٤ ساعات تكون القدرة المستهلكة ٥٠٠ × ٤ = ٢٠٠٠ وات ساعة (اي وحدتين)ويدور العداد ٤ × ٦٠ × ٦٠ = ١٤٤٠٠ دورة وهكذا كلما زاد الحمل زاد عدد الدورات بنسبة ثابتة وأيضا اذا تغير الحمل تغيرت السرعة

الباب الحادى عشر

الأعمدة الثانوية أو المراكم



بند (١٧١) الأعمدة الثانوية هى أعمدة تشحن اولا بالكهرباء من مولد كهربائى او منبع آخر للكهرباء ثم تؤخذ منها الكهرباء التى وضعت فيها و تسمى العملية الأولى عملية الشحن وتسمى الثانية عملية التفريغ ومن البديهى ان الطاقة الكهربائية التى تشحن بها تكون دائما أكثر من الطاقة التى نحصل عليها منها فى التفريغ لأن هذه العملية تستدعى فقدا في الطاقة

و يتركب العمود الثانوى على وجه العموم من إناء من الزجاج او خشب مبطن بالرصاص أو أي مادة لا تتفاعل مع حامض الكبريتيك و يوضع فى هذا الاناء سائل مركب من حامض

الـكبريتيك النقى المخفف بالماء المقطر بحيث تكون كثافته تقريبا ١٧ر١ و يوضع في هذا السائل لوحان على الاقل ليكون أحدهما القطب الموجب والآخر القطب السالب للعمود وهذا اللوحان فى الابتداء قبل وضع العمود يكونان من الرصاص النقى

فبما ان اللوحين في الابتداء قدصنعا من مادة واحدة هى الرصاص فلا يمكن ان يكون بينهما فرق جهد مطلقا و لذلك لا يمكن أخذ أى تيار من العمود لذلك يجب ان نشحنه بالـكهرباء أولا و ذلك بأن نصل أحد اللوحين بالقطب الموجب والآخر بالسالب لمولد كهربائى فيسرى التيار الـكهربائى من المولد الى اللوح الموجب ثم داخل السائل الى اللوح السالب ثم يخرج التيار من اللوح السالب الى قطب المولد السالب وبذلك تكمل الدائرة و بمرور التيار داخل السائل يتحلل هذا السائل فيتجه الأوكسجين منه نحو اللوح الموجب و يؤكسد الرصاص ويكوّن أكسيد الرصاص بدلا من الرصاص على سطح هذا اللوح كما ان الأيدروجين يتجه نحو القطب السالب

وليس هناك اتحاد كيماوى بين الرصاص والايدروجين فيبقى اللوح السالب رصاصا كما كان قبل مرور التيار

واذن نرى أنه بعد عملية الشحن هذه يصبح احد الالواح رصاصيا (اللوح السالب) والآخر أوكسيد الرصاص (اللوح الموجب) واذن على حسب نظرية العمود البسيط يصبح عندنا لوحان من مادتين مختلفين فى حامض الـكبريتيك المخفف بالماء فيكون أذن هناك عمود يعطى جهدا كهربائيا وتيـارا وطاقة كهربائية ونـكون

إذن قد حصلنا بهذه الطريقة على منبع للكهرباء بحيث يمكننا ان نأخذ الطاقة التى وضعناها في العمود بعملية الشحن ما عدا الجزء الذي يفقد كما بينا سابقا

وعملية الشحن اذن هى تحويل طاقة كهربائية الى طاقة كيماوية بحيث يمكن عكس العملية ثانيا بالتفريغ بأن نحول الطاقة الكيماوية المخزونة في داخل العمود الى طاقة كهربائية

بند (١٧٢) من البديهى ان عملية الشحن هذه تكون قد انتهت عند ما يتغطى سطح اللوح الموجب جميعه بطبقة من أوكسيد الرصاص لأن الاستمرار في عملية الشحن بعد ذلك لا يكون له فائدة بعدذلك وليس من المتيسر معرفة تمام عملية الشحن بالنظر الى اللوح الموجب ومعرفة ما اذا كان قد تغطى بجميع سطحه بأوكسيد الرصاص بل هناك طرق كثيرة عملية لمعرفة ذلك منها ما يأتى : —

(أولا) وصول فرق الجهد بين اللوحين الى المقدار المعتاد لهذه الاعمدة وهو ٢ر٢ اذا قيس بالفولتمتر

(ثانيا) عملية الشحن هذه تستدعى خروج غازات من السائل ولكن مقدار ما يخرج من هذه الغازات يزيد كلما زادت الشحنة في العمود الى أن يأتى وقت نرى فيه ان الغاز يخرج بشدة من السائل فنعلم ان العملية قد انتهت

(ثالثا) تزداد كثافة السائل أثناء عملية الشحن وقد قلنا ان المقدار المعتاد للكثافة قبل الشحن هى ١٧ر١ وقد وجد بالقياس

ان تمام الشحن يكون عند ما تكون الكثافة من ٢ر١ الى ٢٥ر١ هذه الأعداد للكثافة قبل الشحن و بعده تقريبية وتتعلق بالاحوال التى تستعمل فيها هذه الاعمدة

فمثلا فى البلاد الحارة حرصا على حفظ هذه الأعمدة زمنا طويلا يستحسن ان تكون الكثافة قبل الشحن ١٧ر١ و بعده ٢٥ر١ و في البلاد الباردة ربما استعملت الأعداد ٢ر١ و ٢٤ر١ تقريبا على التوالى

وهناك طريقة أخري لمعرفة تمام الشحن يستعملها العمال فقط وهى انه يقرب سلكان أحدهما متصل بالقطب الموجب والآخر بالقطب السالب فاذا ماحدثت شرارة كبيرة عند تقريب السلكين أحدهما من الآخر بدون ان يتماسا استنتج ان العمود قد شحن ولكننا نؤكد على الطالب عدم استعمال هذه الطريقة لانها تسبب ضررا جسيما للعمود لان اتصال هذين السلكين هو ما نسميه دائرة قصيرة للعمود اي انه اتصال بدون مقاومة خارجية و بما ان هذه الاعمدة ليس لها الا مقدار صغير من المقاومة الداخلية فتكون النتيجة إذن لهذا التلامس مرور تيار كبير جدا يحدث حرارة كبيرة داخل العمود وتفاعل كيماوي شديد يسبب اتلاف الالواح

بند (١٧٣) عملية التفريغ تحدث عندما يراد أخذ تيار كهربائى من هذا العمود فلنفرض أننا نريد اضاءة مصباح فنصل أحد طرفيه بالقطب الموجب للعمود والآخر بالقطب السالب

فيسري التيار من القطب الموجب للعمود إلى المصباح ثم يصل الى العمود من اللوح السالب ويتجه فى السائل نحو اللوح الموجب وبذلك تكمل الدائرة للتيار

نرى إذن أن التيار فى عملية التفريغ يخرج من العمود من قطبه الموجب مع أنه فى عمليــة الشحن أدخلنا التيار فى العمود من هذا القطب الموجب

ونرى أيضا أن اتجاه التيار فى داخل العمود في عملية الشحن ضدها فى عملية التفريغ

لذلك يتجه الاوكسجين في عملية التفريغ الى القطب السالب الذى قلنا عنــه إنه من الرصاص فقط كما يتجه الايدروجين الى اللوح الموجب ونتيجة هــذا من دروس الـكيمياء أن اللوحين يصبحان مغطيين بطبقــة من كبريتات الرصاص وكما فى عملية الشحن نستنتج أن عملية التفريغ تـكون قد انتهت وأننا نـكون قد أخذنا كل مافى العمود من الـكهرباء عند ماتغطى هذه الطبقة الـكبريتية جميع السطح للألواح

ولـكن هــذا لايسمح به عمليا لأن معناه أن جهد العمود يصبح صفرا وأن الطبقة المتكونة من كبريتات الرصاص تصبح سميكة بدرجة أن عملية الشحن التى تلى ذلك تـكون متعذرة ويتلف العمود نهائيا لهذا يجب أن لانستمر في عملية التفريغ الى آخرها بل يجب أن تقف عندما يصل جهد العمود الى ١٫٨ فولت

وبعد ذلك نبتدىء في شحنة مباشرة

على هـذا الاحتراس يتوقف ضغط العمود بحالة جيدة وان لم يراع ذلك وسقط الجهد الى الصفر أو مايقرب من ذلك يحصل تلف كبير للعمود بحيث يصبح بعد غير صالح للاستعمال

وهناك طريقة أخري لمعرفة متى تقف عملية التفريغ وهى كما في الشحن بقياس كثافة السائل لأن السائل فى عمليـة التفريغ هذه تقل كثافته فيقف عندما تصل الى كثافة قدرها ١٧ر١ تقريبا

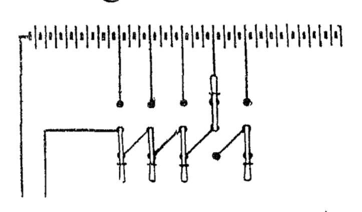
ومن الاحتياطات الواجب مراعاتها أيضا لحفظ هذه الأعمدة بحالة جيـدة عدم أخذ تيار كبير منها يزيد عن المقدار المقرر لهـا بواسطة المصنع الذى عملها

فمثلا إذا كانت النهاية العظمى للتيار الممكن أخذه من العمود هو ١٠ أمبير وجب أن لانستعمله ليعطى أى مقـدار أكبر من هذا بكثير والا قل زمن صلاحية العمود للعمل

بند (١٧٤) الجهد والتيار للعمود

الجهد في هذه الاعمدة يكون دائمـا حول ٢ فولت ويتعلق بحالتها من حيث الشحن والتفريغ كما بينا بالأعداد السابقة ولذلك اذا لزم جهد أكبر من هذا وجب إضافة عدة أعمدة على التوالى فمثلا إذا كانت هـذه الأعمدة ستستعمل لانارة مصابيح تحتـاج إلى ١٠٠ فولت وجب أن يوضع خمسون منها على التوالى لتعطى هذا الجهد ومن المستحسن أن يكون العدد أكثر من ذلك لأننا وجدنا أن الجهد ينخفض الى ٨ر١ عنـد انتهاء عملية التفريغ المسموح بها فيكون إذن العدد اللازم نهائيا هو $\frac{١٠٠}{١٫٨} = ٥٦$

عمودا تقريبا ولكن استعمال ٥٦ عمودا في أول الامر عندما يكون العمود مشحونا شحنا تاما ينتج ١١٢ فولتا إذن يكون الترتيب هو أن يعمل ٥٠ منها على التوالى و ٦ الاخيرة يعمل لها اتصالات منفردة بحيث يمكن استعمال أى عدد من الاعمدة محصور بين ٥٠ و ٥٦ حسب الحاجة كما بينا وشكل (٢٦٨) يبين طريقة تغيير عدد من الأعمدة بالدائرة بواسطة مفاتيح توصيل حاد السكينة



شكل (٢٦٨)

هذه العملية والترتيب يستعملان أيضا عند شحن الاعمدة. فمثلا نفرض أننا نريد ان نشحن الـ ٥٦ عمودا المذكورة من دينامو مثلا مقدار جهده يساوى ١٢٠ فولت فعند الابتداء يكون جهد العمود الواحد ١٫٨ فولت على أقل تقدير ويكون جهد ٥٦ عمودا ٥٦ × ١٫٨ = ١٠٠٫٨ فولت ولذلك يكون الجهد الزائد من الدينامو عن جهد الأعمدة مجموعة على التوالى جميعا = ١٢٠ — ١٠٠٫٨ = ١٩٫٨ فولت وفرق الجهد هذا هو الذى يبعث تيارا فى الأعمدة يساوى خارج قسمة الجهد على مقاومة

جميع الاعمدة مجتمعة مضافا اليها مقاومة الاسلاك الموصلة من الأعمدة الى الدينامو ومضافا اليها المقاومة الداخلية للدينامو نفسه

نفرض ان فرق الجهد = ٢٠ فولتا لسهولة الحساب و ان المقاومة جميعها في الدائرة = ١/٥ أوهم (مقاومة الدينامو والاسلاك و الاعمدة) فيكون التيار = ٢٠/(١/٥) = ١٠٠ أمبير

ولكننا نعلم ان الأعمدة يزداد جهدها تدريجيا عند الشحن الى ان نصل الى الجهد النهائى لها الذى يساوي تقريبا ٢ر٢ فولت

فنجد اذن ان التيار المستعمل فى الشحن يقل تدريجيا وقلته هذه تطيل مدة الشحن وللتغلب على هذه الصعوبة طرق كثيرة منها

(أولا) — يحذف من الأعمدة التى على التوالى عمود فآخر بالتدريج كلما وجدنا ان التيار يقل و بحيث يكون الجزء المحذوف كافيا لحفظ مقدار التيار للشحن مقدارا ثابتا تقريبا

فمثلا عندما يصل جهد كل عمود الى ٢ فولت نجد أنه يلزم أن يترك ٦ أعمدة من الدائرة و يبقى منها فقط ٥٠ عمودا تحت الشحن ليكون جهد هذه الـ ٥٠ عمودا ١٠٠ فولت ولكى يبقى الفرق بين جهد الأعمدة و جهد الدينامو = ٢٠ فولت تقريبا

و عند قرب الانتهاء من الشحن قد يصل جهد العمود الواحد الى ٧ر٢ فولت فقط عند الشحن و لكن بمجرد إبطال عملية الشحن ينزل الجهد دفعة واحدة الى ما يقرب من ٢ر٢ فولت

وعلى حساب ان جهد العمود الواحد ٢٫٧ فولت يكون مجموع الأعمدة على التوالى التى يكون جهدها ١٩٠ فولت هو $\frac{١٠٠}{٢٫٧}$ = ٣٧ عمودا تقريبا ونكون قد أخرجنا من الدائرة ٥٦ — ٣٧ = ١٩ عمودا

وهذه الطريقة وحدها ليست المستعملة في الاحوال العادية

(ثانيا) — يستعمل دينامو خاص يسمى دينامو الشحن يعطى جهدا مختلفا بين النهاية الصغرى اللازمة عند بدء الشحن والنهاية الكبري عند الانتهاء وفي حالتنا المذكورة سابقا يكون جهد الدينامو هذا من ١٠٠ الى ١٦٠ فولت والترتيب الذى يعمل للوصول الى اختلاف الجهد فى الدينامو ليس من بحثنا الآن غاية الأمر أنه يمكن فى هذه الحالة ان يكون عدد ٥٦ عمودا دائما ثابتا وجميعها متصلة على التوالى

(ثالثا) — الطريقة الاكثر استعمالا هى ان تستعمل الطريقتان المذكورتان فى اولا وثانيا في عملية واحدة فيستعمل الدينامو الخاص ويعمل الاتصالات لفصل ٢٠ من الأعمدة من المجموعة كلها واحداً فواحدا على حسب الحاجة كما شرحنا اولا

(رابعا) — يستعمل مع دينامو الشحن ويتصل معه على التوالى دينامو آخر يكون عضو استنتاجه متصل على التوالى (اى دينامو توالى) ويعطى جهدا حول ٦٠ فولت ويكون الدينامو الاصلى دينامو التوازي ذا جهد يساوي تقريبا ١٢٠ فولت

و باضافة الدينامو الاول للثانى نحصل على ١٨٠ فولت لو شئنا

ودينامو التوالى هذا يدار بمحرك مرتبط معه على عمود واحد وتسمى المجموعة الاخيرة الدينامو التوالى والمحرك (بالمساعد) وهـذه الطريقة الاخيرة مع أولا هى الاكثر استعمالا فى جميع المحطات الـكهربائية

بند (١٧٥) متاعب البطاريات الثانوية

المـادة الموجودة على سطح الالواح وهى التى تسمى المادة الفعالة قابلة للسقوط من سطح الالواح اذا كان الاستعمال سيئا كما لو اخذ من البطارية تيار اكثر مما يجب يحدث حرارة شديدة فى الالواح فيتفكك من عليها هذه المادة

كما ان سوء الاستعمال هـذا قد يثنى الالواح ويجعلها تحدث اتصالا داخليا فى العمود فيحدث التفريغ داخليا و يزداد الانثناء وسقوط المادة الفعالة ولهذا تجد انهم يضيفون قضبانا رفيعة صغيرة من الخشب او الزجاج لتفصل بين الالواح منعا لهذا

وعند سقوط المـادة الفعالة الى قاع الاناء للعمود قد ترتفع فى السطح وتجعل الالواح تمس ويحدث ما سبق ان ذكرنا زيادة على ذلك فان هـذه البطاريات تحتوي على الواح من الرصاص كبيرة الـكثافة و زنها كبير بدرجة أن كبيرة السعة منها لا يمكن نقلها بسهولة كما انها مملوءة بالحامض وهذا يزيد صعوبة نقلها من جهة الى اخرى الا بأحتراس تام

وأخيرا فان هذه البطاريات كبيرة الثمن بحيث ان البطارية التى تحتوى على ٦٠ عمودا تعطى تيارات قدرها ٦٠٠ أمبير لمدة ١٠ ساعات يزيد ثمنها على الف جنيه وربما تحتاج التجديد جميعها بعد خمس سنوات اى ان استهلاكها كبير أيضا ولكن مقابل هذا نجد الفوائد الآتية.

بند (١٧٦) فوائد البطاريات الثانوية

(اولا) — قلة المقاومة الداخلية تجعل هذه الاعمدة قادرة على إعطاء تيارات كبيرة جدا ربما تصل الى ١٠٠٠ أمبير او اكثر وهذا مستحيل في البطاريات الابتدائية التى لاتعطى اكثر من جزء من الامبير او على الاكثر ٢ او ٣ أمبير مالم توضع عدة منها على التوازى

(ثانيا) — يمكن استعمالها في الاحوال التى تكون فيها القوة اللازمة من محطة التوليد مرة كبيرة ومرة صغيرة

فلنفرض مثلا ان المحطة الكهربائية تحتاج لتوليد ١٠٠٠ أمبير فى وقت ما كما انها لايطلب منها الا ١٠٠ أمبير فى وقت آخر فى هذه الحالة لايكون من الاقتصاد فى شىء ان نجهز المحطة بمولدات تعطى ١٠٠٠ أمبير لانه عند ما يكون الحمل عليها ١٠٠ أمبير فقط يكون اشتغالها بجودة رديئة جدا

وزيادة على ذلك ربما طلب الحمل ١٠٠٠ أمبير زمنا وجيزا جدا لهذا وجد انه يحسن ان يكون المولدات لحمل قدره ٥٠٠ أمبير مثلا وتوضع المولدات مع بطارية على التوازى

فعند ما يكون الحمل على المحطة قليلا تشحن البطارية وعندما يكون كبيرا اى اكبر من قوة المولدات تساعد البطارية المولدات فى أخذ الحمل الزائد عن قوة المولدات

ولكن صعوبة استعمال البطاريات التى ذكرناها سابقا (بند ١٧٥) تجعل هذه الطريقة قليلة الاستعمال وبدلا منها تستحضر عدة مولدات في المحطة الواحدة بحيث تدار جميعها او بعضها على حسب الحمل على المحطة

(ثالثا) — يمكن استعمالها في إنارة المنازل وذلك بشحنها نهارا بواسطة مولد وليلا نفرغها للاضاءة وهذا يمنع حدوث ضوضاء أثناء الليل

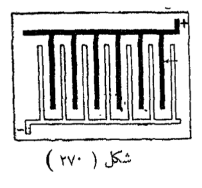
وزيادة على ذلك فان تغيرات الجهد بتغير الحمل تكون أقل عند وجود البطارية

بند (١٧٧) تقدير سعة البطارية وجودتها

جميع الاعمدة الثانوية تصنع تقريبا من النوع الذى شرحناه ولكن هناك انواع اخرى سنشرحها فيما بعد وكل من هذه الاعمدة يحسب جهدها المتوسط على ٢ فولت ولذلك اذا أردنا الحصول على جهد قدره ١٢٠ فولت احتجنا على وجه التقريب الى ٦٠ عمودا على التوالى

ولكن هناك شيء مهم جدا غير الجهد وهو التيار الممكن أخذه من الاعمدة وهذا يتعلق بحجم او سعة العمود او مساحة سطح ألواحه وعددها

فكلما زاد التيار اللازم أخذه من العمود وجب أن يزيد عدد الألواح في العمود الواحد فقد يكون عددها ١٣ لوحا في العمود الواحد ٧ منها سالبة و ٦ موجبة موضوعة على الترتيب شكل (٢٧٠) وقد يكون العدد أكثر من ذلك كما انه زيادة على عدد الألواح يمكننا ان نستعمل الواحا اكبر في المساحة كلما زاد التيار المطلوب أخذه منها



شكل (٢٧٠)

وبالاختصار فأن الجهد الكلى يتعلق بعدد الأعمدة على التوالى واما التيار فيتعلق بعدد الألواح في العمود الواحد وسعة سطح الألواح نفسها وهناك طريقتان لتقدير سعة البطارية

(الأولى) ـ الأمبير ساعات التى يمكن ان تعطيها البطارية بدون ان يقل الجهد عن ١٫٨ فولت للعمود الواحد

فنقول مثلا ان هذه البطارية ٦٠٠ أمبير ساعة و نقصد بذلك أننا يمكننا ان نأخذ منها ٦٠٠ أمبير لمدة ساعة او ٢٠٠ أمبير لمدة ٣ ساعات و هكذا

إنما بشرط ان لا يزيد مقدار التيار المأخوذ منها على النهاية العظمى المقررة ففى هذه الحالة مثلا اذا فرض ان ٦٠٠ أمبير هو النهاية العظمى فلا يمكننا ان نأخذ منها ١٢٠٠ أمبير لمدة نصف ساعة لكى يكون المأخوذ أيضا هو ٦٠٠ أمبير ساعة لان هذا يتلف البطارية

وعند شحن البطارية أيضا يمكن حساب الأمبير ساعات التي تلزم وخارج قسمة الأمبير ساعات فى التفريغ على الامبير ساعات للشحن يسمى الجودة

(الثانية) ـ التقدير بالكيلووات ساعات وفي هذه الحالة ندخل جهد البطارية في الحساب فمثلا اذا فرض أنه يمكن في البطاريات السابقة أخذ ٦٠٠ أمبير لمدة ساعة وان الجهد المتوسط أثناء ذلك هو ٢ فولت فيكون مقدار الكيلوواتات ساعة هو $\frac{٦٠٠ \times ٢}{١٠٠٠} = ١ر٢$ كيلووات ساعة او ١٢٠٠ وات ساعة

وكذلك خارج قسمة الوات ساعة في التفريغ الى الوات ساعة فى الشحن يعطى الجودة بهذه الطريقة

وظاهر ان الجودة بالطريقة الثانية أقل منها بالطريقة الأولى وذلك لأن الجهد ينخفض تدريجيا أثناء التفريغ

وحقيقة أن ثمن البطارية يتوقف على عدد الامبير ساعات أو الوات ساعات التي يمكن الحصول عليها من البطارية

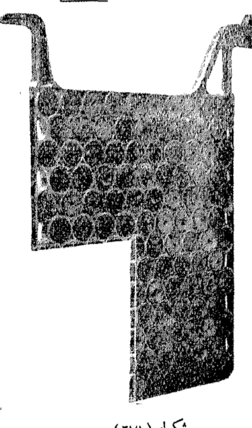
بند (١٧٨) أنواع البطاريات

يوجد عدد عظيم من البطاريات قد تختلف في طريقة صنعها التى تكون فى العادة سرا من أسرار الصناعة وسنشرحها هنا لفائدة الطالب مع تحذيره من ان ترتيب وضعها هنا لا يعنى أفضلية إحداها عن الأخرى فالبطاريات الثابتة التى سعتها ١٠٠٠ أمبير ساعة مقدر تفريغها على ١٠ ساعات تصنع من أوان منشورية من

الزجاج وأما البطاريات التى أكبر من ذلك فتعمل من صناديق من الخشب مبطنة بالرصاص

والفروق الأساسية للبطاريات الحمضية تكون فى طريقة وضع العجينة الكيميائية على سطح الألواح فمنها ذات الخلية السداسية والدائرية والمربعة والمثلثية

الأعمدة الكلورورية :هذه الأعمدة تصنع من منذ ٣٠سنة بواسطة شركة الأعمدة الكلورورية الكهربائية وهى على أربعة انواع أساسها واحد ولكنها تختلف حسب الاستعمال فمنها بطارية كلوريد وتستعمل للمحطات العمومية وبطارية بلانتيد مصممة لنفس هذا النوع من العمل وبطارية أكسيد وتصمم لكى تشغل أقل حيز ممكن ويكون وزنها أقل ما يمكن أيضا وبطارية أكسيد الحديدى (ذات صندوق حديدى) وتستعمل فى المحطات الكهربائية المغذية للقاطرات الكهربائية وشكل (٢٧١) يبين لوحا موجبا لبطارية كلوريد وهو عبارة عن



شكل (٢٧١)

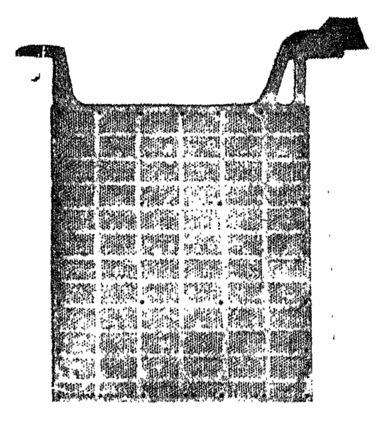
سبيكة من الرصاص والأنتيمون قوية تتحمل تأثير السائل الحمضى ذات ثقوب أسطوانية

يوضع بها شريط حلزونى من الرصاص النقى المموج يبرشم في موضعه وهذا النظام يعرض سطحا عظيما لتأثير السائل الكيماوي تتكون حوله بواسطة الشحن المبدئى طبقة من ثانى أوكسيد الرصاص أما شباك عمود بلانتيد الموجب فهو كالنظام العادى لبلانتيه فقط لا يوجد بواسطة اللوح ضلع التقوية وان كان هذا يجعل سبك الشباك صعبا الا أنه يعرض أكبر سطح ممكن من اللوح لتأثير السائل الحامض

وشكل (٢٧٢) يبين شكل شباك اللوح السالب لعمود كاوريدو بلانتيدوهو يبين شباكا من سبيكة الرصاص والانتيمون مقسما الى مستطيلات تملأ بواسطة شبك من الرصاص النقى تملأ ثقوبه بالمادة الكيمائية أما الألواح الموجبة والسالبة لعمود أكسيد فهى عبارة عن سبيكة شبكيـة من الرصاص الصلب يوضع بها المادة الكيمائية على شكل عجينة وتحفظ هذه العجينة فى مواضعها بواسطة سيقان مثلثية عرضية صغيرة ·

أما فى عمود أكسيد الحديدي فيبنى اللوح الموجب من عدد من سيقان سبيكة الرصاص والأنتيمون تجمع نهاياتها العليا والسفلى بواسطة عارضتين من الرصاص و يوضع حول هذه السيقان أنابيب مشقوقة من الابنوس الصناعى والعجينة الكيمائية

توضع بين هذه الانابيب والسيقان وهى لا تسقط ولكن تكون معرضة للسائل الحامض



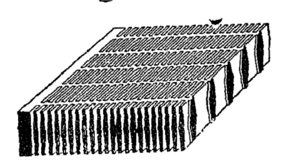
شكل (٢٧٢)

وفي كل هذه الأعمدة تكون الفواصل بين الألواح من خشب خاص و تستعمل سيقان خشبية لحفظ هذه الفواصل فى محلها للبطاريات الثابتة واما في البطارية النقالى فتكون الفواصل من خشب قشرة رفيع او من خشب سميك محفور بطوله

أعمدة ويجردان ـ بلانتية للبطاريات الثابتة تصنع الألواح الموجبة بطريقة بلانتيه وهى تتركب من عدد عظيم من الأضلاع

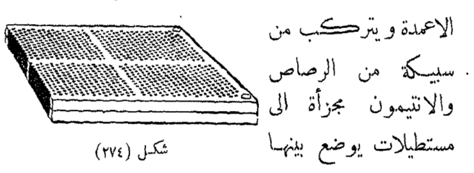
الرأسية تتقاطع على مسافات منتظمة بواسطة عوارض تقوية وبذا يمكن ان تتمدد الالواح بدون انبعاج وان المادة الكيمائية تتكون بطريقة خاصة بالشركة تجعل الألواح تكتسب قشرة صلبة من ثانى أوكسيد الرصاص

فى شكل (٢٧٣) تشاهد الاضلاع الرأسية والعارضات واذا



شكل (٢٧٣)

كان التفريغ سريعا فلمنع أنبعاج الالواح يسبك بوسطها غشاء رصاص للتقوية واما شكل (٢٧٤) فيبين اللوح السالب لهذه الاعمدة ويتركب من سبيكة من الرصاص والانتيمون مجزأة الى مستطيلات يوضع بينها



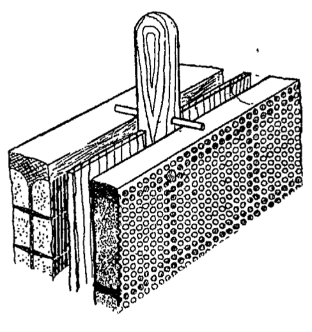
شكل (٢٧٤)

عجينة المادة الكيمائية ويوضع على وجهتيها الواح ذات خلايا تبرشم معها وهذه الالواح تمنع سقوط المادة الكيمائية عند تمددها ولذا لا تحتاج هذه الاعمدة الى تنظيف

وسعة اعمدة بلانتيه من ١٢ الى ١٥ر٥ أمبير ساعة لكل كيلو جرام من الالواح او ٥ أمبير ساعة لكل كيلو جرام من البطارية الكاملة

والشركة تصنع بطارية سعتها من ٣٠ الى ١٠٠٠٠ أمبير ساعة بثمن من ١ر٥ الى ١٥٠ جنيه مصرى مركبة فى محلها وجودتها من ٩٠ ٪ الى ٩٥ ٪ محسوبة على السعة بالامبير ساعة او ٧٢ ٪ الى ٧٨ ٪ محسوبة على القدرة بالوات ساعة

ومقاومتها تتغير عكسيا تبعا لسعة العمود وهى تساوى تقريبا ٢ر. أوهم على السعة محسوبة على ١٠ ساعات فمثلا مقاومة البطارية التى سعتها ١٠٠٠ أمبير ساعة هى ٠٠٠٢ر. أوهم وشكل (٢٧٥) يبين نظام وضع الفواصل الخشبية للاعمدة



شكل (٢٧٥)

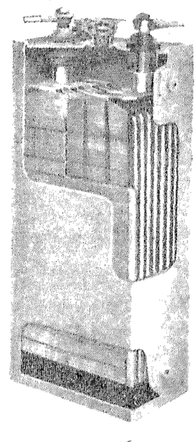
بند (١٧٩) الاعمدة النيكلية

وجد من الصعب استعمال البطاريات الثانوية السائلة في السيارات والعربات المتنقلة نظرا لثقلها في الوزن وعدم صلاحيتها للتذبذبات الحادثة للعربات فى الطريق ففكر بعض علماء السويد في عمل اعمدة لهذا الغرض تختلف اختلافا كليا في التركيب من الداخل .

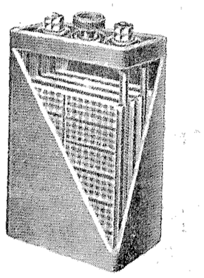
تتركب الالواح الموجبة من مواسير الصلب النيكلى ملفوفة حول بعضها حيث تكون ماسورة واحدة وملفوف حول كل ماسورة قشرة من النيكل المندى بالماء الممزوج بالاملاح المعدنية وسطح كل قشرة يبلغ $\frac{1}{32}$ من البوصة المربعة

وتتركب الالواح السالبة من أوكسيد الحديد الزئبقى توضع بداخل غلاف رفيع من الصلب النيكلى وأما السائل فيتكون من ٢١ ٪ من محلول هيدرات البوتاسيوم مع محلول الصودا الكاوية المخففة وتركيب هذا المحلول فى الحقيقة سر من اسرار معامل صانعى هذه الأعمدة حيث لهم من ذلك فائدة — فعند الشحن يتحول اللوح الموجب الى ثانى أوكسيد النيكل واللوح السالب الى حديد وعند التفريغ يتحول اللوح الموجب الى أول اوكسيد النيكل واللوح السالب الى أوكسيد الحديد

وشكلى (٢٧٦) و (٢٧٧) يبينان نوعين مختلفين من هذه الأعمدة



شكل (٢٧٧)



شكل (٢٧٦)

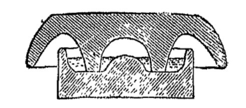
وتمتاز هذه الأعمدة بخفتها فى الوزن وتعطى من ٧½ الى ١٢ أمبير ساعة او حوالى ١٢ وات ساعة لكل رطل من وزنها الكلى وسعتها مضمونة من ست الى عشرة سنوات حسب حالات تشغيلها وتختلف جودتها بالأمبير ساعة من ٧٥٪ الى ٨٠٪ وبالوات ساعة من ٦٠٪ الى ٦٥٪

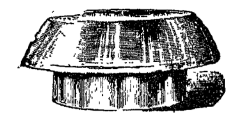
وضغط العمود الواحد وقت الشحن ١ر٦٥ فولت ووقت التفريغ ١ر٢ فولت

نفقات تكاليف هذه الأعمدة كثيرة وقوتها الدافعة الكهربائية حوالى ٦٠ ٪ من القوة الدافعة الكهربائية للأعمدة السائلية والمقاومة الداخلية كبيرة وبسببها يكثر الضغط المفقود بالداخل وكل هذه دواع يتسبب منها عدم استعمال هذه الأعمدة في المحطات الكهربائية بل تفضل عنها الأعمدة السائلية

بند (١٨٠) ملاحظات عملية على تشغيل البطاريات :ـ

(١) يجب ان يوضع كل اناء زجاجى على صحفة من الخشب تحمل على أربعة عوازل من الزجاج شكل (٢٧٨) او الصينى





شكل (٢٧٨)

مركبة من قطعتين السفلى على حالة فلجان يحتوي على زيت راتنجى والعليا عبارة عن غطاء له وقد تستبدل الصحفة بلوح من الرصاص أو المطاط ويجب ان يكون المنشأ الخشبى الحامل للبطاريات جيد العزل

(٢) يلزم ان يكون حامض الكبريتيك المستعمل نقيا ويجب ان يمزج بماء مقطر بنسبة ١ الى ٥ كما يلزم ان يضاف الحامض للماء بالتدريج (وأن لا يعمل العكس أبدا) ويجب ان تكون كثافة المزيج بعد تبريده ١٨ر١ الى ١٩ر١

(٣) عند تعويض السائل المفقود بالتبخر يلزم أن يستعمل الماء المقطر ويجب ان يكون سطح الماء أعلى من قمة الألواح

(٤) يلزم قياس ضغط الأعمدة أثناء تفريغها بفولتمتر يبين لغاية ٠٥ر٠ فولت

(٥) يستحسن قياس تفريغ العمود بواسطة أيدرومتر ويلزم ان لا تقل كثافة السائل عن ١٧ر١ عند تمام التفريغ وان تكون من ٢ر١ الى ٢١ر١ عند تمام الشحن

(٦) يلزم قياس ضغط وكثافة كل عمود مرة على الأقل أسبوعيا وقيد ذلك فى دفتر مخصوص كما يلزم عزل وتصحيح أي عمود يحصل به خطأ في الحال .

(٧) عندما تكون البطارية جديدة يلزم شحنها باستمرار حتى نصل الى درجة يزداد فيها مقدار كثافة السائل او الجهد لمدة ٥ أو ٦ ساعات وهذه المدة جميعها تكون بين ٤٠ و ٥٠ ساعة

(٨) عندما تصير البطارية تامة الشحن يكون لون مائها كلون اللبن وذلك لتولد عدد لانهاية له من الفقيعات الغازية لا يمكن امتصاصها بالالواح واذا كان الشحن سريعا فان البطارية تصير بلون اللبن قبل تمام الشحن ولذا تكون درجة تمام الشحن بعد درجة ظهور اللون اللبنى لأنه عندئذ تكون الفقيعات أكبر ويكون السائل رائقا تقريبا وهذه الحالة تسمى بالحالة الغازية

(٩) يجب ان تشحن البطارية جيدا مرة في الاسبوع واذا كان استعمال البطارية قليلا فيجب ان تفرغ وتشحن مرة فى

الأسبوع وذلك لحفظ الألواح في حالة جيدةواذا لم يكن استعمال البطارية قليلا فلحفظ الألواح فى حالة جيدة يلزم ان تفرغ مرة كل أسبوع بمقدار ٥٠٪ الى ٧٥٪ من سعتها ثم يعقب ذلك شحنها كالمعتاد الى ان تصل البطارية للدرجة الغازية ثم يستمر الشحن بعدئذ من ١٠ الى ١٥ دقيقة

(١٠) اذا لم يظهر باي عمود الدرجة الغازية مع بقية البطارية فيلزم امتحانه باعتناء لمعرفة ما اذا كانت اي قطعة من عجينة المادة الكيمائية شاحطة بين الألواح ومحدثه قصرها فاذا كان ذلك وجب ازالتها وأما اذا تماست الالواح فيلزم استبدالها وفصلها عن بعضها ولأرجاع العمود كحالته الاصلية يلزم ان يوصل مع بقية البطارية أثناء الشحن فقط

(١١) يلزم عدم تجاوز سعة تفريغ البطارية

(١٢) يلزم عدم قصر اى عمود

(١٣) يلزم حفظ نقطة اتصال كل عمود ومجاوره نظيفة وجامدة

(١٤) لا يلزم ان تترك البطارية مفرغة كليا او جزئيا فترة طويلة من الزمن لان ذلك يكوّن طبقة من كبريتات الرصاص فوق اسطح الألواح لا يمكن ازالتها بالشحن لان هذه المادة رديئة التوصيل ولقد سبق ان قلنا ان كبريتات الرصاص تتكون عند تفريغ البطارية ولكن في هذه الحالة يكون سمك طبقتها ضئيلا جدا بحيث يمكن ازالتها بالشحن

(١٥) عندما تكون البطارية في حالة جيدة وتامة الشحن يلزم ان يكون لون الألواح الموجبة بنيا محمرا أو لون الشكولاتة ولون الالواح السالبة رماديا مزرقا او لون الاردواز

(١٦) يلزم التأكد من خلو غرفة البطارية من الرماد كما يلزم التحفظ من عدم سقوط قطع معدنية بالأعمدة لئلا تتلف البطارية و يقل عمرها

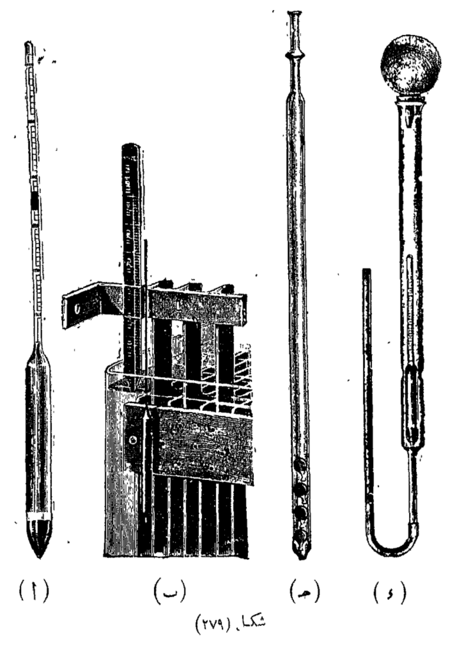
(١٧) يوجد أربعة أشياء تمكن العامل النابه من معرفة حالة بطاريته وهى (١) لون الالواح (٢) كثافة السائل (٣) فرق جهد كل عمود (٤) نسبة أمبير ساعات الشحن الى أمبير ساعات التفريغ

هذه الاشياء تمكن العامل النابه من معرفة حالة بطاريته ومع الزمن قد يتولد عنده غريزة معرفة موضع وسبب اى خلل و بذا يمكن تلافيه في الحال

بند (١٨١) الهيدرومترات

عبارة عن اجهزة كالمبينة بشكل (٢٧٩) توضع في السائل لمعرفة كثافته على المقياس المدرج عليها و كثافة أى محلول عبارة عن كتلة السنتيمتر المكعب منه

تؤخذ القراءة عند ما تكون مطابقة لسطح السائل فكلما زادت كثافة السائل كلما قل غمره وحيث ان كثافة الماء النقى واحد صحيح فيسهل اذا تدريج الهيدرومتر وذلك بغمره في الماء النقى وتعليم واحد صحيح او ١٠٠٠ عليه في محاذاة سطح الماء



شكل (٢٧٩)

وتزداد كثافة اي محلول حمضى عن كثافة الماء النقى فاذا زاد الحمض زادت الكثافة فعند ابتداء تكوين العمود الثانوى او البطارية تكون كثافة محلوله ٢ر١ أو ١٢٠٠ قبل وضعه ولكن عند التشغيل

في كل من حالتى الشحن والتفريغ تضعف كثافة المحلول و يسهل معرفة ذلك بواسطة الهيدرومتر الذى منه يمكن معرفة كمية الحامض التى لم تزل به والهيدرومترات على انواع كثيرة فالمبين بشكل (٢٧٩) (أ) هو النوع العادي البسيط حيث تؤخذ القراءات على التدريج المبين على الساق العلوي عندما يكون مساو يا لسطح السائل والجزء السفلى منه لحمل برش رفيع جدا

اما في هيدرومتر هولدن المبين بشكل (٢٧٩) (ب) يعلق مقياس خشبى مدرج على قضيب العمود ومضبوط بحيث نهايته السفلى تمس سطح السائل فيغمر حينئذ الهيدرومتر فى السائل وتؤخذ القراءات موازية لأعلى سطح الهيدرومتر

اما في الهيدرومتر المبين بشكل (٢٧٩) (حـ) فالانبوبة مفتوحة من احدي نهايتيها وتحتوي على اربعة خرزات مختلفة اللون تعوم فى كثافات مختلفة تكون عادة ١٥ر١ و ١٧ر١ و ١٩ر١ و ٢٠ر١ تغمر هذه الانبوبة في المحلول فيمر بداخلها السائل و يمكن معرفة كثافته بعدد الخرزات التى تعوم بداخل الانبوبة

وشكل (٢٧٩) (ء) يبين نوعا آخر من الهيدرومترات ليستعمل فى الاعمدة الموضوعة في موضع صعب المنال وهو يتركب من أنبوبة زجاجية بأحدى نهايتيها كرة مجوفة من المطاط و بالنهاية الاخرى أنبوبة مطاط فبوضع الانبوبة فى السائل وضغط الكرة يمر جزء من السائل بالانبوبة الزجاجية ويمكن معرفة كثافته النوعية بواسطة الهيدرومتر و بضغط الكرة بالثانى يطرد السائل

أسئـــلة

(١) ما الفرق بين العمود الابتدائى والعمود الثانوى ؟ برهن على ان العمود الثانوي يخزن بداخله طـاقة كيميائية وليست كهربائية ثم اذكر نوعا ما من الاعمدة الثانوية

(٢) ما هى قوانين التحليل لفرداى ـــ وضح التفاعل الكيماوي بداخل عمود به لوحان من الرصاص مغموران فى محلول حمض الكبريتيك المخفف ومار به تيار كهربائى

(٣) ماهى الاحتياطات اللازم اتباعها عند تشغيل بطارية مكونة من جمـلة اعمدة ثانوية ؟ وما الذى يحدث عنـد اهمال هذه الاحتياطات ؟

(٤) كيف يمكنك معرفة ما اذا كانت البطارية مشحونة او مفرغة؟ وماذا يحدث اذا فرغت البطارية تفريغا زائدا ؟

(٥) الى اى مدى تفرغ البطارية الثانوية وما هى كثافة السائل اللائق استعماله بها وكيف يمكنك اختبارها للتحقق من انها مشحونة شحنا كاملا ؟

(٦) ما هى المضار التى تحـدث للبطارية اذا تركت بحالة تفريغ وما الذي يقصد بكلمة كبريتات وكيف يحدث داخل العمود وكيف تمنعه وما هى أحسن الطرق المتبعة لمعالجة الواح كبريتات الرصاص

(٧) عمود ثانوي قوته الدافعة الكهربائية ١٫٩٥ فولت ومقاومته الداخلية ٠٫٠٠١٢ أوهم فما هو جهده اذا شحن بتيار شدته ١٠٠ أمبير وما هو جهده أيضا اذا فرغ بنفس تيار الشحن   الجواب (٢٫٠٧ و ١٫٨٣ فولت)

(٨) ما هى سعة البطارية اللازم استعمالها لانارة ⅔ مصابيح منزل يحتوى على ١٥٠ مصباحا (٦٠ وات ١٠٠ فولت) لمدة ١٠ ساعات   الجواب (٦٠٠ أمبير ساعة)

(٩) اذكر بعض انواع البطاريات ومزايا كل نوع وفي اى الحالات تستعمل

(١٠) ما هى سعة العمود الثانوى وكيف تتغير بتغير زمن التفريغ وكيف يمكنك تحديد سعة البطارية الثانوية

(١١) كيف يمكنك عمل تجربة لمعرفة جودة البطارية الثانوية وعلى أى شيء تقدر

(١٢) ما هى الهيدرومترات (الايدرومترات) وكيف تستعمل مع ذكر نوعين منها وما هى كثافة السائل عند تمام الشحن للعمود

الباب الثانى عشر

قوانين التأثير

بند (١٧٢) العلاقة بين التيار الكهربائى والمجال المغناطيسى

بينا فيما سبق انه اذا مر تيار كهربائى فى سلك نتج حول هذا السلك مجال مغناطيسى و اثبتنا ذلك بتجارب عديدة

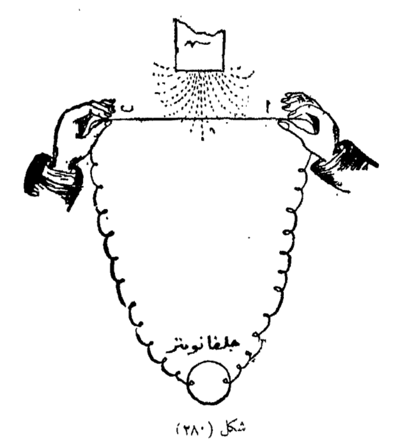
و من البديهى انه اذا انقطع التيار في السلك انعدم المجال الناشىء منه كلية

وسنبين الآن كيف يمكن الحصول على تيار كهربائى فى سلك بوضعه فى مجال مغناطيسى

تجربة (٣٩) خذ سلكا مثل ا ب وصل طرفيه ا و ب بطرفى جلفانومتر كما فى شكل (٢٨٠) ثم قرب من السلك ا ب بسرعة قضيبا مغناطيسيا قويا مثل ش ـ م تجد ان ابرة الجلفانومتر تتحرك دليلا على ان هناك تيارا كهربائيا يمر بالسلك ا ب

بعد ذلك ابعد المغناطيس بسرعة عن السلك تجد ان ابرة الجلفانومتر تنحرف وهذا دليل على مرور التيار الكهربائى ثانيا

فى السلك ولكنك تلاحظ ان انحراف الابرة يكون فى الجهة المضادة للحالة الاولى

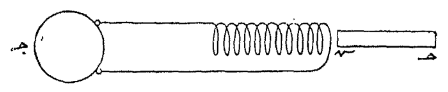


شكل (٢٨٠)

اعد التجربة بان تجعل المغناطيس يقرب او يبعد من السلك بسرع مختلفة تجد على وجه العموم انه كلما زادت السرعة التى يتحرك بها المغناطيس زاد انحراف الابرة اى زاد مقدار التيار فى السلك

تجربة (٤٠)

ابدل السلك بملف وأعد التجربة السابقة كما في شكل(٢٨٠)



شكل (٢٨٠)

تلاحظ ان انحراف الجلفانو متر يكون اكثر من حالة السلك المستقيم فى التجربة السابقة

أعد التجارب السابقة باستعمال عدة مغناطيسات مختلفة تجد انه كلما كان المغناطيس أقوى كان التيار الذى يمر فى السلك اكبر لأن انحراف الجلفانو متر يكون اكبر

فى التجارب السابقه يمكن ان نثبت المغناطيس ونحرك السلك ليقرب من المغناطيس أو يبعد عنه

هذه التيارات التى توجد فى السلك بتأثير مغناطيس يتحرك بالقرب منه هى التى نسميها التيارات المنتجة بالتأثير

ملاحظة هامة ـ فى جميع التجارب السابقة يجب لاحداث التيار فى السلك أو الملف احداث حركة المغناطيس المؤثر أو السلك المتأثر بحيث اذا وضع المغناطيس في أي وضع ما وكذلك السلك ولم يحرك احدهما بالنسبة الى الآخر لايحدث مرور أى تيار مطلقا وبعبارة وجيزة نقول ان وجود سلك فى مجال مغناطيسى بدون احداث حركة نسبية بين السلك والمجال لايحدث اى تيار بالتأثير

ويمكن تلخيص نتائج التجارب السا قة فيما يأتى :

(أولا) اذا حركة مغناطيس بالقرب من سلك مر بهـذا السلك تيار كهربائى .

(ثانيا) عند ابعاد المغناطيس من السلك يمر التيار في السلك في اتجاه ما وعند تقريبه يمر التيار فى الاتجاه المضاد

(ثالثا) تزداد شدة التيار المنتج بالتأثير بزيادة السرعة لتحرك المغناطيس أو السلك

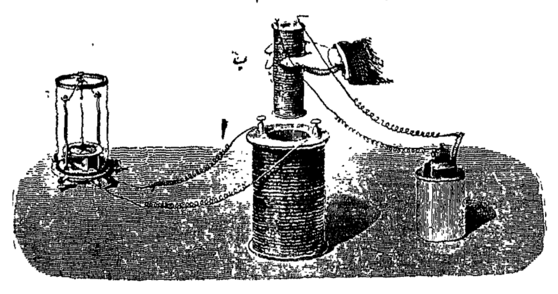
(رابعا) تزداد شدة التيار أيضا بزيادة عدد لفات السلك المستعمل أو قوة المغناطيس

بند (١٨٣) التيارات المنتجة من التيار الكهربائى

في التجارب السابقة كان المؤثر دائما مغناطيسا ولكن يمكننا اعادة جميع هذه التجارب باستعمال ملف يحمل تيارا كهربائيا بدلا من المغناطيس

تجربة (٤١)

خذ ملفا مثل ا متصلا طرفاه بجلفانومتر كما في شكل (٢٨١)



شكل (٢٨١)

ثم احضر ملفا آخر مثل ب يمر به تيار كهربائى من عمود ما كما في الشكل ثم قرب أحد الملفين من الآخر تجد أن ابرة الجلفانومتر تنحرف وهذا يدل على مرور تيار بالتأثير في الملف ا

ابعد الملفين تلاحظ انحراف الابرة في الاتجاه المضاد وتجد ايضا انه اذا لم يحرك احد الملفين لا يمر أي تيار مطلقا بالملف ا مع وجود التيار فى الملف ب

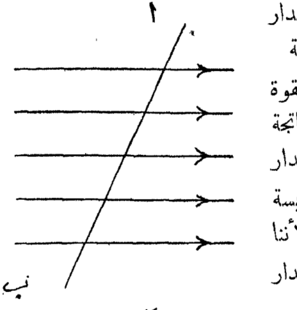
هذا يبين لنا أن الملف ب قد أثر على الملف ا كما لو كان الملف ب مغناطيسا

والحقيقة ان التيار الذي يمر بالملف ب يجعل هذا الملف مغناطيسيا له مجال كما اثبتنا فى موضع آخر من الكتاب لهذا نستنتج ان مرور التيار المنتج بالتأثير فى سلك ما متوقف على تحرك هذا السلك بالنسبة لمجال مغناطيسى سواء اكان هذا المجال حادثا من مغناطيس أم من تيار آخر

ويمكن تفسير هذه الظاهرة الهامة بما يأتى : —

بما أن المجال المغناطيسى يحتوى على عدد من خطوط القوة المغناطيسية و بما ان تحرك السلك أو المجال يجعل السلك يقطع هذه الخطوط لذلك يمكننا ان نقول:

اذا قطع سلك موصل مثل ا ب عددا من خطوط القوة المغناطيسية كما في شكل (٢٨٢) حدث بين طرفي السلك ا ب قوة دافعة كهربائية تسمي القوة الدافعة الكهربائية المنتجة بالتأثير بحيث اذا اكملت دائرة السلك مر فى هذه الدائرة تيار يسمى أيضا التيار المنتج بالتأثير بسبب وجود هذه القوة الدافعة



شكل (٢٨٢)

بقى علينا ان نبين مقدار واتجاه هذه القوة الدافعة

(أولا) مقدار القوة الدافعة الـكهربائية الناتجة بالتأثير يتوقف على مقدار عدد خطوط القوة المغناطيسة المقطوعة فى كل ثانية لأننا أثبتنا بالتجربة أن المقدار يتعلق بقوة المغناطيس أو التيار المؤثر ثم بمقدار السرعة التى تحرك المؤثر أو المتأثر ثم بمقدار عدد لفات السلك

ولفهم ذلك جيدا نضرب المثال الآتى :

نفرض أن سلكا لف على شكل دائرة مساحتها ٥٠ سم٢ به ٢٠٠ لفة ووضع فى مجال مغناطيسى به ١٠٠٠ خط فى كل سنتيمتر مربع

ونفرض بعد ذلك أن هذا المجال انعدم في $\frac{١}{٢٠}$ ثانية فلا بد أن يوجد لهذا الملف قوة دافعة كهربائية مقدارها يساوى مقدار الخطوط التى قطعت فى الثانية

$$= \frac{٢٠٠ \times ١٠٠٠ \times ٥٠}{\frac{١}{٢٠}}$$

= ١٠^٨ وحدة الكتر مغناطيسية من وحدات الجهد

$$= \frac{١٠^٨}{١٠^٨} = ١ \text{ فولت}$$

أى أن السلك يكون فيه قوة دافعة قدرها فولت واحد واذا كانت مقاومته $\frac{١}{١٠}$ أوهم مثلا مر فيه تيار كهربائى قدره $\frac{١}{\frac{١}{١٠}}$ = ١٠ أمبير

(ثانيا) — الاتجاه — بينا بالتجربة أن إبعاد المغناطيس أو التيار المؤثر يحدث في السلك تيارا في اتجاه مضاد للذى يمر فيه التيار فى حالة التقريب

ومعنى ذلك أن زيادة شدة المجال تحدث تيارا فى اتجاه معلوم وقلتها تحدث تيارا فى الاتجاه المضاد

وقد وضع (لنز) قاعدة الاتجاه هذه كما يأتى وهى المسماة بقاعدة (لنز للاتجاه)

عند تحريك أى سلك في مجال مغناطيسى ليقطع خطوط القوة فى هذا المجال يوجد بالسلك تيار كهربائى بالتأثير يقاوم هذه الحركة

شكل (٢٨٣)

ففى الشكل (٢٨٣) اذا فرضنا أننا قربنا القطب الشمالى لمغناطيس ما من الملف المبين بالشكل وجب أن يكون طرف الملف القريب من

المغناطيس قطباشماليا أيضا لـكى يقاوم هذاالتقريب ولهذا يكون
مرور التيار فى الملف في اتجاه يجعل هذا الطرف قطبا شماليا

أما اذا أبعد القطب الشمالى للمغناطيس من الملف كان طرف
الملف القريب منه قطبا جنوبيا لـكى يمنع هذا الابعاد بقوة التجاذب
بين القطبين ويكون مرور التيار فى هـذه الحالة بحيث يجعل هذا
الطرف قطبا جنوبيا أي فى الاتجاه المضاد لحالة التقريب

وعلى وجه العموم فان هناك قصورا ذاتيا للمجموعة وهـذا
مايجعلها تميل لحفظ الحالة التى هى عليها بحيث اذا أردنا تغيير هذه
الحالة مر التيار المنتج بالتأثير فى اتجاه بحيث يقاومه تغيير هـذه
الحـالة

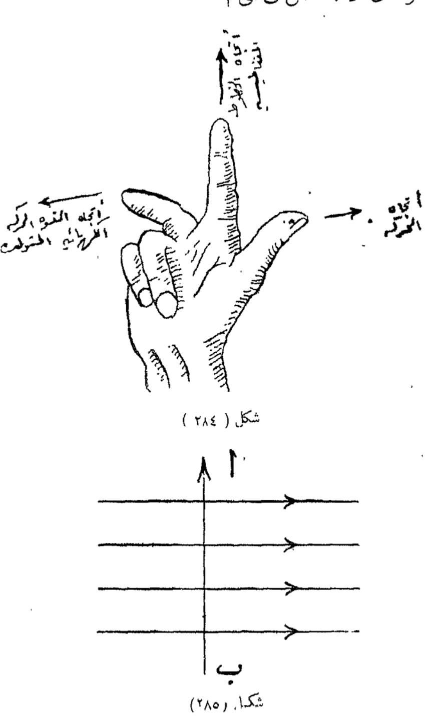
القاعدة السابقة واضحـة فى حالة ملف من السلك أما فى حالة
سلك مستقيم فتحتاج الى شرح أكثر ولهذا نستعمل قاعدة فلمنج
المسماة قاعدة اليد اليمنى وهى كما يأتى

تفرد أصابع اليدالیمنی كما في شكل (٢٨٤) بحيث يكون الابهام
والسبابة والوسطى متعامدة أحدها على كل من الآخرين

فاذا كان الابهام في اتجاه الحركة والسبابة في اتجاه خطوط
القوة المغناطيسية كانت الوسطى فى اتجاه القوة الدافعة الكهربائية
المنتجة بالتأثير شكل (٢٨٤)

وتطبيقا على ذلك نفرض كما في الشكل (٢٨٥) أن اب سلك
عمودى على خطوط القوة المغناطيسية في مستوي الورقـة أن

هذا السلك تحرك الى أعلى فان اتجاه القوة الدافعة المنتجة فيه بالتأثير تكون فى الاتجاه من ب الى ا



شكل (٢٨٤)

شكل (٢٨٥)

و يمكن الطالب بنفسه ان يبرهن على ان هذا الاتجاه للتيار من ب الى ا فى هـذه الحالة بجعل تحريك السلك الى اعلى فى هذا المجال محتاجا الى قوة تقاوم المجال المغناطيسي الذى فيه هذا السلك

بند (١٨٤) الاستنتاج المتبادل

نفرض ان ا و ب ملفان من السلك موضوعان احدهما بالقرب من الآخر

فنعلم مما تقدم انه اذا كان احدهما يحمل تيارا كهربائيا ثابت المقدار فلا يمكن ان يحدث في الثانى اى تيار منتج بالتأثير وذلك لان المجال المغناطيسى الحادث من التيار الثابت المقدار يكون ايضا ثابتا و لا يمكن ان يحدث اي تيار بالتأثير من ذلك

ولكن اذا فرضنا ان احدهما وليكن ا مثلا يحمل تيارا متغير المقدار فيكون المجال الناشىء من هـذا التيار متغيرا ايضا وهـذا التغير في مقدار المجال يسبب وجود تيار منتج بالتأثير فى الملف الثانى ب بالنظرية السابقة

لذلك اذا كان التيار المتغير يمر بالملف الثانى ب فان التيار المنتج بالتأثير يمر فى (ا)

لهذا يقال ان هناك استنتاجا متبادلا بين الملفين (ا و ب)

فالاستنتاج المتبادل إذن نتيجة تأثير ملفين اوسلكين احدهما على الآخر و ينشأ من تغير مقدار التيـار فى احدهما

نضرب الامثلة الآتية على ذلك :

نفرض ان طرفي الملف (ا) وصلا ببطارية فعند ذلك يمر

تيار بهذا الملف (ا) ويوجد فى الوقت نفسه تيار منتج بالتأثير في (ب) ويكون زمن مرور هذا التيار الاخير فى (ب) هو زمن زيادة التيار فى (ا) من الصفر الى مقداره النهائى حتى اذا ما وصل مقدار التيار فى (ا) الى مقدار ثابت وقف مرور التيار فى (ب) كلية

نفرض بعد ذلك ان التيار فى الملف (ا) قد قطع فينتج من ذلك مرور تيار منتج بالتأثير فى (ب) يكون زمن مروره هو نفس الزمن الذي اخذه التيار فى (ا) لكى ينعدم

وفي هذه الحالة الثانية يكون اتجاه مرور التيار فى (ب) بالتأثير مضادا لاتجاهه في الحالة الاولى

بند (١٨٥) الاستنتاج النفسى

يمكن حدوث تيار منتج بالتأثير في ملف او سلك واحد

نفرض ان (ا) ملف يمر به تيار معلوم من بطارية فاذا انقطع هذا التيار محا معه المجال الحادث منه و بما ان خطوط القوة المغناطيسية التى كانت في هذا المجال تكون قد قطعت لفات هذا الملف لذلك نجد انه يحدث في الملف (ا) تيار منتج بالتأثير نتيجة انعدام المجال الذى كونه نفس التيار

وفي هذه الحالة اى حالة قطع التيار الاصلى يكون التيار المنتج بالتأثير فى نفس الاتجاه الذي كان يمر فيه التيار الاصلى و يسمى بالتيار الاضافي

اذن نعرف التيار الاضافى فى الاستنتاج بانه التيار الذى

ينتج بالتأثير فى ملف ينقطع فيه مرور التيار و يكون هـذا التيار الاضافي في اتجاه التيار الاصلى

من هذا يمكن ان نفسر لماذا عند فتح الدوائر الكهربائية التى تحتوى على اسلاك كثيرة او ملفات عديدة نلاحظ حدوث شرر عند نقطة فتح الدائرة

لان هذا الشرر هو نتيجة مرور التيار الاضافي بعد قطع التيار الاصلى

وزيادة على ذلك فان هذا التيار الاضافي قد يحدث قوة دافعة كهربائية منتجة بالتأثير تكون اكبر من القوة الدافعة الاصلية فى الدائرة عدة مرات

و يمكن مشاهدة هذه الشرارة في الجرس الكهربائى عند نقطة اتصال وقطع التيار وكذلك نشاهدها عند فتح دائرة التنبيه (الملفات المحدثة للمغناطيسية) فى الدينامو

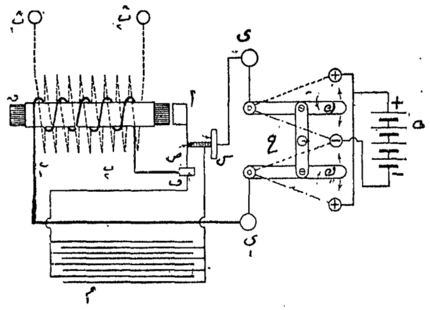
هذا اذا قطع التيار فى دائرة بها ملف اما اذا مر تيار فى الدائرة فان مرور هذا التيار يوجد مجالا مغناطيسيا تقطع خطوط القوة له لفات الملف فيحدث تيار منتج بالتأثير اتجاهه يضاد اتجاه التيار الاصلى و اذا كان الملف مكونا من لفات كثيرة فان هذا التيار المنتج المضاد يجعل التيار الاصلى لا يصل الى مقداره النهائى الا بعد زمن محسوس

ولكل من الاستنتاج المتبادل او الاستنتاج النفسى قواعد حسابية نترك البحث فيها الى الجزء الثانى من هذا الكتاب

بند (١٨٦) تطبيقات على نظرية التيار المنتج بالتأثير

ملف رمكورف : —

هو تطبيق عملي للاستنتاج و يستعمل كثيرا في الحياة العملية فلو رجعنا لشكل (٢٨٦) نري أن قطع او قفل الدائرة بسرعة



شكل (٢٨٦)

يولد تيارات مستنتجة متقطعة بكل من الملفين وكلما زاد عدد اللفات زادت القوة الدافعة الكهربائية المستنتجة ومن هذا تتأسس نظرية ملف رمكورف ويتركب من قلب من الحديد (ن) مصنوع من جملة أسلاك من الحديد المطاوع لسهولة مغطسته أو فقدها وملفوف عليه ملف ابتدائى عدد لفاته قليلة من سلك غليظ ونهايتاه ($ب_1$) و ($ب_2$) وملف آخر ثانوى نهايته ($ث_1$) ($ث_2$) عدد لفاته كثيرة وسلكه رفيع دقيق

و (ا) عبارة عن قطعة حديدية متصلة بياي مثبت عند (ف)و يتصل بالمسمار المحوى (س) وعند (ص) بقطعة بلاتينية فائدتها جعل الاتصال جيدا وتحمل الشرارة التى تحدث عند قطع سير التيار فى الملف الابتدائى

و(ى) و (ى١) هما طرفان متصلان بالبطارية (ط) بواسطة مفتاح توصيل (ع) ذى طريقين لعكس أتجاه التيار فى الملف الابتدائى عند الادارة

و المفتاح يتركب كما فى الشكل من ذراعى اتصال (ك) و (ك١) و القطب السالب للبطارية متصل بنقطة الوسط للمفتاح بينما القطب الموجب لها متصل بالطرفين الخارجين له

و فى الوضع المبين بالشكل للمفتاح لا يمر اى تيار بالملف الابتدائى. فاذا قفلت الدائرة بان مر التيار في الملف الابتدائى يتمغطس القلب (ب) و يجذب القطعة (ا) اليه و ينقطع سير التيار عند (ص) فيفقد القلب مغناطيسيته فترتد القطعة (ا) الى موضعها الأول بتأثير الياى و يحصل الاتصال عند النقطة ص

فيمر التيار من جديد و يتمغطس القلب و يجذب القطعة (ا) و ينقطع سير التيار فيفقد القلب مغناطيسيته و ترتد القطعة (ا) الى موضعها الأول و يحصل الاتصال و يمر التيار من جديد وهكذا وتتكرر هذه العملية بسرعة لان زمن القطع قصير جدا

ونحصل بذلك على دورة توصيل وقطع للتيار فى الملف الابتدائى وهذا يولد مجالا مغناطيسيا متغيرا يقطع خطوط القوة

فيه أسلاك الملف الثانوي فيولدقوة دافعة كهربائية عظيمة بهتحدث شرارة تقفز عدة سنتيمترات حسب قوة الجهاز اذا قرب طرفاه ث١ و ث٢ احدهما من الآخر

هذا وقد أمكن تحسين التأثير بتوصيل مكثف م بين مسمار القلاو وظ س وبين الياى المتصل بالقطعة (ا) فائدته مساعدة تيار البطارية للتغلب على استنتاج الملف بأسرع ما يمكن عند عمل الدائرة وأيضا لتقليل الشرارة في نقطة الاتصال (ص) عندما ينقطع سير التيار

ويستعمل ملف رمكورف بكثرة في المعامل الكهربائية الدراسية وفى الطب وكذلك فى محطات آلات الغاز وفي بعض معامل الكيمياء للتفاعل الكيماوى وخلافه

بند (١٨٧) التلفون الكهربائى

يتركب التلفون بوجه عام من اجزاء رئيسية ثلاثة هى :

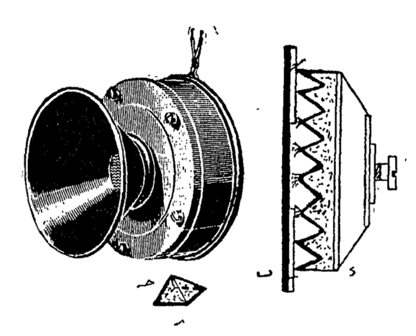
(١) المرسل وهو الذي يتكلم فيه الانسان لينقل الصوت الى السامع

(٢) المستقبل وهو الذى يضعه الانسان على اذنه ليسمع المتكلم

(٣) الاسلاك الموصلة بين المرسل والمستقبل

وأحدث انوع المرسل يتركب مما يأتى :

قمع مخروطي الشكل (ا) مصنوع من المعدن او الابونيت أو مركب آخر يشابه ذلك يسد وسطه الدائرى بحاجز رفيع من الكربون



شكل (٢٨٧)

(ب) مورنش سطحه الخارجى لمنع تعلق بخار الجو عليه

وخلفه كرات عدة صغيرة من الكربون محفوظة من السقوط بواسطة لوح من الكربون مجزأ سطحه الأمامى بعده اشكال هرمية الشكل

وهذه مقفل عليها بصندوق (ء) كما فى شكل (٢٨٧)

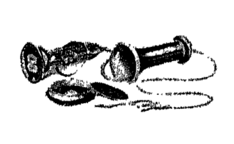
والأسلاك التى توصل بين هذا المرسل والمستقبل يمر فيها تيار كهربائى من بطارية بحيث يمر هذا التيار من كرات الكربون الصغيرة

فاذا ماتكلم شخص فى القمع المخروطى حدث من صوته اهتزازات أمام القمع فى الهواء واهتزازات الهواء تؤثر على الصفيحة المعدنية التى امام الكرات الكربونية فتهتز هذه الصفيحة معيدة اهتزازات الهواء الذى امامها

ولكن هذه الاهتزازات فى الصفيحة تضغط على الكرات ضغوطا مختلفة تتناسب مع شدة الصوت ومن خاصية هذه الكرات ان مقاومتها لمرور التيار الكهربائى تختلف بمقدار الضغط الواقع عليها فتصبح مقاومتها اقل اذا ازداد الضغط عليها واكثر اذا قل الضغط

لذلك تكون نتيجة اهتزاز الصفيحة تغيرا فى مقاومة الكرات

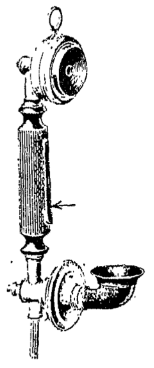
وبما ان هذه الكرات فى دائرة التيار الكهربائى لذلك يقل ويكبر مقدار التيار المار في السلوك بين المستقبل والمرسل تبعا لاهتزازات الصوت تماما ويؤثر هذا التيار في المستقبل بالكيفية الآتية :




شكل (٢٨٨)

يتركب المستقبل من قضيب من المغناطيس الثابت امام صفيحة رفيعة من المعدن مثل التى في المرسل مصنوعة من الحديد لكى تكون منجذبة الى القطب الذى امامها من المغناطيس بمقدار يتعلق بشدة قطب هذا المغناطيس

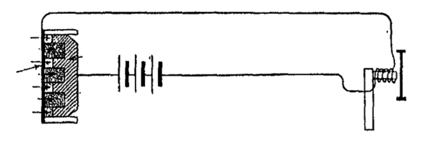
ويلف السلك الواصل بين المرسل والمستقبل على هذا القضيب كما فى شكل (٢٨٨) وقد قلنا إن هذا السلك يحمل تيار



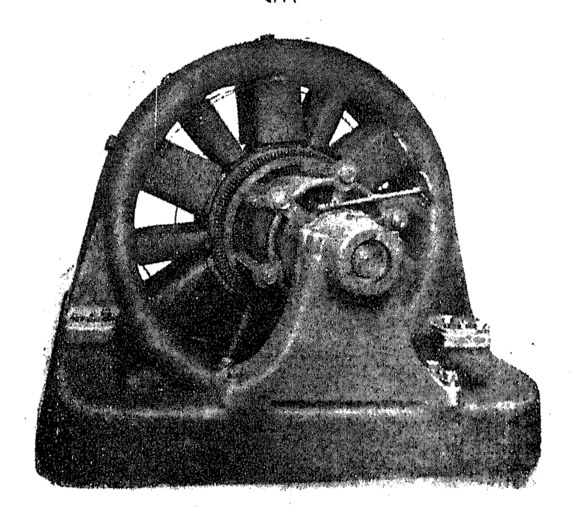
شكل (٢٨٨) مكرر

من بطارية و يعمل اتجاه لف هذا السلك
لكى يساعد على تقوية المغناطيس الثابت
فاذا كان مقدار هذا التيار فى الملف
حول المغناطيس مقدارا ثابتا كانت قوة
الجذب على الصفيحة ثابتة فلا تتحرك هذه
الصفيحة ولكننا قلنا إن هذا التيار المار
من البطارية تزداد شدته أو تقل حسب
اهتزاز صفيحة المرسل بتأثير الاهتزازات
الصوتية لذلك يقل الجذب أو يزداد على
صفيحة المستقبل بالنسبة لتغير شدة التيار
فتهتز صفيحة المستقبل بنفس الكيفية التى
تهتز بها صفيحة المرسل فتحدث نفس الصوت الذي حدث من التكلم

وأما الجزء الثالث من الجهاز فهو الأسلاك الموصلة التى تحمل التيار من بطارية توضع في أي مكان بين المرسل والمستقبل أو عند موضع أحدهما وهذه الأسلاك هى التى توصل بين المرسل والمستقبل وشكل (٢٨٩) يبين المجموعة كاملة



شكل (٢٨٩)



شكل (٢٩٠)

بند (١٨٨) الدينامو أو المولد

يتركب الدينامو من جزئين رئيسيين هما المنتج أو (عضو الاستنتاج) والمنبه أو (عضو التنبيه) فالمنتج هو الجزء المحتوي على الأسلاك النحاسيــة التى عند دورانها أمام الجزء الثانى (المنبه) تقطع خطوط القوة المغناطيسية لمجال المنبه فيحدث فيها قوة دافعة كهربائية بالتأثير تسمى القوة الدافعة للدينامو

وتركيب المنتج وطريقة لف السلوك عليه من محتويات الجزء الثانى من هذا الكتاب إلا اننا نذكر هنا أنه يتركب من أسطوانة من الحديد مركبة من أقراص عديدة رفيعة معزولة فوق بعضها يعمل على سطحها عدة حفر توازى محورها و يوضع فى هذه الحفر الاسلاك التى يتولد فيها القوة الدافعة المذكورة

وتدور هذه الأسطوانة بسرعة حول محورها بما عليها من الاسلاك أمام المنبه

وهذا المنبه يحتوى على قطعة من الحديد لها أشكال مختلفة يبرز منها من الداخل عدة أقطاب مغناطيسية يدور المنتج أمامها

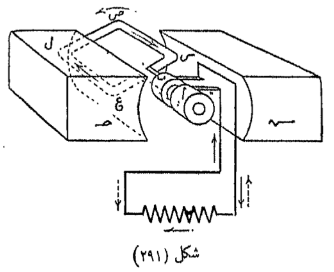
وهذه الاقطاب عددها زوجى دائما وهى شمالية وجنوبية على التوالى ومغناطيسية هذه الاقطاب قد تكون ثابتة فى بعض الآلات الصغيرة

إلا أنه في جميع الآلات الكبيرة تمغطس بواسطة تيار قوى من منبع مستقل أو من نفس التيار الذي يحدثه الدينامو

ويسمى النوع الأخير من الدينامو بالنوع ذى التنبيه النفسى

ولكى نفهم طريقة عمل الدينامو نفرض أن المنتج يتركب من سلك واحد على شكل مستطيل شكل (٢٩١) طرفاه ا و ب يدور حول محور أفقى بين القطبين ش ـ كما في الشكل

فيكون اتجاه خطوط القوة المغناطيسية من ش الى ـ



شكل (٢٩١)

واذا فرضنا أن دوران السلك بحيث يتحرك جزؤه الأيمن الى أعلى وجزؤه الايسر الى أسفل أى في اتجاه ضد عقارب الساعة فنعلم بتطبيق قاعدة اليد اليمنى لفلمنج ان التيار فى الطرف الايمن س ص يكون في الاتجاه من ص الى س والطرف الايسر ع ل من ع الى ل وهذان الاتجاهان اتجاه واحد بالنسبة لدائرة السلك اى ان التيار يمر فى هذا السلك من ا الى ع الى ل الى ص الى س الى ب

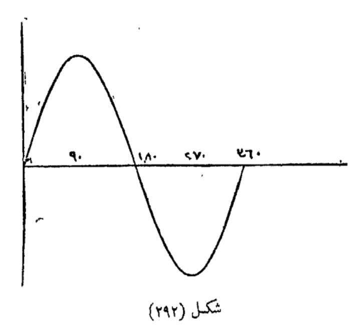
فالطرف ا هو الذي يدخل منه التيار في السلك والطرف ب هو الذي يخرج منه التيار فى السلك ولذلك نسمى ب الطرف الموجب و ا السالب للدينامو

ففى الموضع الذي فيه يكون الملف أفقيا يتولد في الملف اكبر قوة دافعة لانه في هذا الوضع يقطع السلك س ص و ع ل خطوط القوة المغناطيسية فى اتجاه عمودى عليها ولكن

بعد ٩٠° من الدوران يصبح مستوى الملف مستوى رأسيا وتكون حركة س ص و ع ل في هذه الحالة موازية لخطوط القوة المغناطيسية فتكون القوة الدافعة صفرا

وبعد ٩٠° اخرى من الدوران تصل القوة الدافعة الى نهاية عظمى ثانيا ولكن اتجاهها ينعكس ويمكن الطالب ان يثبت ذلك بطريقة اليد اليمنى ثانيا وبعد ٩٠° ثالثة تصير القوة الدافعة صفرا واخير بعد ٩٠° رابعة يصل الى وضعه الاصلي الذي قلنا ان القوة الدافعة فيه تصبح نهاية عظمى

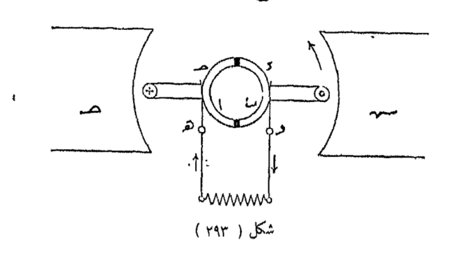
من هذا نرى ان القوة الدافعة الكهربائية المنتجة في الملف تتغير فى الدورة الكاملة من نهاية عظمى الى صفر ثم الى نهاية عظمى في الاتجاه المضاد الى الصفر ثم الى النهاية العظمى الاولى ولو رسم شكل يبين هذه التغيرات بالنسبة لزوايا الدوران فى الدورة الكاملة لنتج الشكل (٢٩٢)



شكل (٢٩٢)

من هذا نرى ان القوة الدافعة او التيار الممكن الحصول عليه من الدينامو بهذه الطريقة البسيطة تيار منعكس فى كل درجة فاذا دار المنتج ٣٠٠ دورة في الدقيقة انعكس التيار ٣٠٠ مرة في الدقيقة

ولكننا يمكننا ان نجعل هذا التيار المنعكس فى الدينامو تيارا مستمرا فى جهة واحدة خارج الدينامو وذلك كما يأتى



شكل (٢٩٣)

تثبت على محور الدوران للمنتج اسطوانة نحاسية ﺣ ء بحيث تكون معزولة عن هذا المحور وبحيث تكون هذه الاسطوانة منقسمة الى قسمين متساويين بطول محورها هما ﺣ ى ء وتوصل احد طرفى الملف ا في المنتج بالنصف ﺣ والطرف الثانى (ب) بالنصف الثانى ء

ونثبت على النصفين ﺣ ى ء للاسطوانة النحاسية موصلين ﻫ ى و يسميان فرش الدينامو ويتصل بهذه الفرش الثابتة الموصلان اللذان يأخذان التيار من الدينامو الى الدائرة الخارجية

فعند دوران المنتج يدور الطرفان ا ى ب و يدور معهما نصفا الاسطوانة النحاسية ح ى ء و ينعكس التيار فى ح ى ء مرة فى كل دورة

ولكن الفرش ﻫ ى و ثابتة ولذلك تكون الفرشة ﻫ متصلة بالنصف ح اثناء نصف دورة كاملة ومتصلة بالنصف ء اثناء نصف الدورة الثانى

و بعبارة اخري فان الفرشة ﻫ مثلا تكون متصلة بالنصف ح لمدة نصف دورة و بالنصف ء لمدة النصف الثانى من الدورة كذلك نجد ان التيار عند ما ينعكس في داخل الدينامو ينعكس اتصاله ايضا بالدائرة الخارجية فيصبح اتجاهه في الدائرة الخارجية دائما فى اتجاه واحد شكل (٢٩٤)

شكل (٢٩٤)

وتسمى الاسطوانة ح ء العاكس او عضو التوحيد وفائدته جعل التيار في اتجاه واحد فى الدائرة الخارجية وعضو التوحيد الحقيقى فى الدينامو يتركب من عدة اجزاء كبيرة يفصلها مادة عازلة وذلك لان الدينامو الحقيقى يحتوي على عدة اسلاك لا على سلك واحد كما قدمنا ولكن النظرية التى شرحناها تكفى لفهم ذلك

بند (١٨٩) قلنا إن القوة الدافعة الكهربائية المنتجة بالتاثير تقدر بعدد خطوط القوة المغناطيسية التى تقطع فى كل ثانية

ولهذا يتبين لنا أنه للحصول على دينامو يولد قوة دافعة كهربائية عظيمة يمكننا أن نعمل مايأتى : —

أولا — نجعل المجال المغناطيسى للمنبه قويا

ثانيا — نجعل الاسلاك على المنتج عددا كبيرا

ثالثا — نجعل سرعة الدوران عظيمة

وزيادة على ذلك فان طول الاسلاك أو بعبارة أخرى طول أسطوانة المنتج يزيد مقدار هذه القوة الدافعة

وعلى ذلك فان مقدار القدرة التى نحصل عليها من الدينامو ليست متعلقة فقط بمقدار قوته الدافعة بل بمقدار التيار أيضا

وبما أن زيادة مقدار التيار تستدعى استعمال أسلاك أكبر فى فى الدينامو لذلك تجد أن زيادة قدرة الدينامو تحتاج الى زيادة مقدار إبعاده

وهذا يبين لنا أن الدينامو الأكبر قدرة يكون حجمه أكبر على وجه العموم الا اذا زادت السرعة المستعملة زيادة كبيرة فمثلا فى الدينامو الذي يدار بواسطة الطوربين ذى السرعة العظيمة نجد أننا نحتاج الى حجم أقل من الدينامو الذي يدار بسرعة عادية بواسطة محركات أخرى اذا تساوت القدرة فى كل منهما

يستمد الدينامو قوته من المحرك الذى يدير المنتج وقد يكون المنتج ثابتا والمنبه هو المتحرك والنتيجة واحدة فى الحالتين وهى أن أسلاك المنتج تقطع مجال المنبه فتتواجد القوة الدافعة الكهربائية المطلوبة

بند (١٩٠) نظرية الموتور الكهربائى

قلنا إن الدينامو جهاز به يمكن تحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية فندير الدينامو بواسطة آلة بخارية او زيت او خلافه فنحصل منه على تيار كهربائى

اما فى الموتور أو المحرك الكهربائى فاننا نحول الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية أى ان عمله عكس عمل الدينامو

وعلى وجه العموم يكون تركيب الموتور الكهربائى هو نفس تركيب الدينامو الا في احوال خاصة نترك البحث فيها الآن

فاذا فرضنا أن ا و ب طرفا احد اسلاك الدينامو كما فى الشكل السابق (٢٩١) ثم وصلنا ا و ب بطرفي دائرة كهربائية يتولد فيها تيار كهربائى فان السلك ا ص ع ب يدور بين القطبين ش و ح ولكن فى اتجاه يضاد الاتجاه الذى يدور فيه الدينامو

ومعنى ذلك انه اذا كانت الفرشة (هـ) موجبة و الفرشة (و) سالبة عندما نشغل الجهاز دينامو ثم اردنا عمله محركا و وصلنا التيار الخارجي بحيث تكون الفرشة (هـ) متصلة بالقطب الموجب والفرشة (و) بالقطب السالب فان المحرك يدور في اتجاه عقارب الساعة

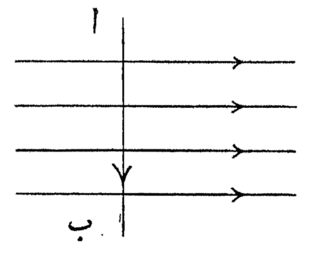
وتبنى نظرية الموتور على ما يأتى :ـ

نفرض ان اب سلك يحمل تيارا كهربائيا من ا الى ب

وضع فى مجال المغناطيسى ليكون عموديا على خطوط القوة المغناطيسية كما فى شكل (٢٩٥)

فان هذا السلك لابد ان يتحرك بسبب وجود مجالين هما المجال الاصلى والمجال الذى أحدثه تيار السلك

ولمعرفة الاتجاه الذى يتحرك فيه السلك نستعمل اليد اليسرى كما استعملنا قاعدة اليد اليمنى للدينامو وبنفس الترتيب المذكور



شكل (٢٩٥)

هناك اي ان ابهام اليد اليسرى يشير الى اتجاه الحركة والسبابة اتجاه المجال المؤثر والوسطى اتجاه التيار فنجد في الحالة المبينة في الشكل السابق ان السلك يرتفع الى أعلى

وواضح مما تقدم أننا في حالة الدينامو نفرض أن السلك يتحرك في المجال فيحدث فيه تيار أما في حالة الموتور فنفرض أن السلك يحمل تيارا فتؤثر عليه قوة تحركه وفي الحالة الأولى نستعمل اليد اليمنى لمعرفة اتجاه التيار في السلك أما في الحالة الثانية فنستعمل اليد اليسرى لمعرفة اتجاه الحركة

ولا ننسى أن حركة السلك فى حالة الموتور توجد فى هذا السلك قوة دافعة منتجة بالتأثير اتجاهها يقاوم اتجاه التيار الأصلى الذي سبب حركة السلك ولكن مقدار القوة الدافعة التى تنتج بالتأثير يكون دائما أقل من القوة الدافعة التى ترسل التيار الأصلى المستعمل لادارة الموتور

فمثلا في الموتور الذي يدور بوضع جهد على طرفيه قدره ١٠٠ فولت قد يوجد فيه قوة دافعة منتجة بالتأثير ناشئة من دورانه قدرها ٩٠ فولت فيكون الباقى وهو ١٠ فولت هو الذى يرسل التيار في الموتور واذا كانت مقاومة دائرة الموتور $\frac{١}{٢}$ أوهم مثلا مر به تيار قدره $\frac{١٠}{\frac{١}{٢}}$ = ٢٠ امبير

هذه القوة الدافعة التى قدرها ٩٠ فولت والتى نشأت من الدوران تسمى القوة الدافعة المضادة وقدذكرنا مثيلتها فيما سبق في التحليل الكهربائى للتيار

لهذا نجد اننا اذا وضعنا الجهد ١٠٠ فولت مباشرة على طرفي الموتور قبل ان يبتديء في الدوران وقبل ان توجد القوة الدافعة

المضادة فان مقدار التيار الذى يمر به فى هـذه اللحظة الاولى قبل الدوران $= \frac{١٠٠}{\frac{١}{٢}} =$ ٢٠٠ امبير بفرض ان المقاومة $= \frac{١}{٢}$ أوهم كما قدمنا

وهذا التيار عشرة أمثال التيار السابق الذى يأخذه الموتور اذا سمح له بالدوران لاحداث القوة الدافعة المضادة وقد ينشأ عن وجود هذا التيار العظيم احتراق او تلف فى اسلاك الموتور

لهذا نجد دائما ان الموتور له جهاز خاص يسمى بادىء الحركة وهو عبارة عن مقاومة تستعمل بالتوالى مع الموتور لكى يوضع على الموتور جزء فقط من الجهد الذى سيوضع عليه نهائيا الدورانه وذلك لكى نمكن الموتور من الابتداء فى الدوران واحداث القوة الدافعة المضادة قبل وضع الجهد الكلى عليه و نترك باقى هذا الموضوع لحينه فى الجزء الثانى

القوة المؤثرة على السلك الذى يحمل التيار الموضوع فى مجال مغناطيسى تقدر بحاصل ضرب مقدار التيار فى طول السلك فى شدة المجال فاذا فرض ان التيار = ت امبير وطول السلك ل سم وشدة المجال = ش خطا فى السنتيمتر المربع ينتج ان

$$ق = \frac{ت}{١٠} \times ل \times ش \qquad \text{داين}$$

لأن كل عشرة أمبير = وحدة من التيار الالكترومغناطيسى

الباب الثالث عشر

الواح التوزيع

بند (١٩١) الواح التوزيع : — تستعمل الواح التوزيع في المحطات الكهربائية الرئيسية التى تحتوى على عدد من المولدات (ديناموات) وأيضا في المحطات المساعدة الصغيرة و تصنع هـذه الالواح إما من الرخام المصقول أو من حجر الاردواز اللامع والغرض منها وضع مفاتيح و مصهرات و أجهزة قياس الشدة و الضغط والقدرة والمقاومات المتغيرة لملفات مغناطيس هـذه المولدات عليها وأيضا مفاتيح ومصهرات وأجهزة قياس الشدة والضغط و القدرة للدوائر المتفرعة من هذه المحطة و تكون اذن هذه الألواح هى الحاكمة فى الحقيقة للمحطة و يكون العامل الذى يشتغل على هـذه الألواح هو في الحقيقـة المسيطر على تيارات المحطة و دوائرها الخارجية

وتوضع هذه الألواح فى المحطة في أمكنة مناسبة يسهل الوصول و السير حولها لرؤية التوصيلات الخلفية لجميع دوائرها بحيث يمكن تصليحها إذا حصل بها أى خلل

فأذا كانت السلوك العمومية المركبة على هذه الألواح التى يمر بها

التيار الكهربائى المتولد من الديناموات والتى يتفرع منها الى الدوائر الخارجية غير معزولة وهى في العادة تكون كذلك وعلى هيئة خوص سميكة من النحاس يجب أن تبعد عن بعضها بمسافة كافية لمنع حدوث القصر وهذه المسافة تختلف ولا تقل هذه المسافة عن ¾ بوصة اذا كان فرق الجهد ١٢٥ فولت أو ١½ اذا كان ٢٥٠ فولت

وحيث ان الواح التوزيع هذه تبين التوصيلات التى عملت للحصول على مراقبة سهلة للدوائر الكهربائية سواء كانت للمولدات او المتفرعة الخارجة للحمل فأنها أيضا تستعمل فى مباشرة توصيل هذه المولدات بالتوازى مع بعضها لجمع تياراتها الى الحمل الخارجي وسنذكر هذا بالتفصيل وسنقتصر في هذا الباب على شرح محتويات هذه الألواح

تحتوي هذه الألواح على الاجزاء الرئيسية الآتية : —

(١) المفاتيح (٢) اجهزة القياس (٣) قاطع الدائرة (٤) المقاومات

وقد تحتوى فى بعض الأحيان على أجهزة أخرى ثانوية غير ضرورية

وقبل تصميم ووضع هذه الألواح يرسم بدقة موضع الدوائر المتصلة اليها والمتفرعة منها حتى يعرف عدد المفاتيح وأجهزة القياس وقاطع الدائرة والمقاومات المطلوب تركيبها عليها

وأيضا يلزم معرفة خواص المولدات المتصلة اليها كى يمكن معرفة حجم الرخام او الاردواز المطلوب لها

وعند تثبيت الاجهزة على هذه الألواح بواسطة المسامير يجب ان يراعى ان الرخام او الأردواز يحتاج لدقة عظيمة فى عمل الثقوب اللازمة

و يوضع لكل دائرة متصلة بهذه الألواح مفتاح توصيل عمومى يحكم سير التيار من المولد الى هذه الدائرة وتصان هذه الدائرة بواسطة مصهرات وقاطع الدائرة الأتوماتيكى الذى يتركب من سلك مقطعه المستعرض كبير ملفوف على هيئة ملف يمر به جميع تيار الدائرة وهذا الملف يجذب قلبا من الحديد امامه مشدودا بواسطة زنبرك

ويصمم هذا الجهاز بحيث يكون مقدار الجذب الحادث للقلب من تأثير مغناطيسية الملف متعادلا مع مقدار الشد الحادث من الزنبرك اذا كانت شدة التيار المارة هى المطلوبة للحمل

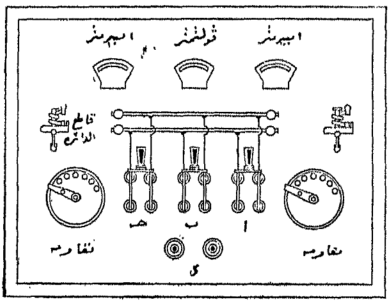
فاذا زادت هذه الشدة لأى سبب كان كحدوث القصر الذى يتسبب منه تلف اجهزة الدائرة الكهربائية يزداد مقدار الجذب المغناطيسى على القلب الذي يتغلب على مقاومة الزنبرك فيؤثر على رافعة ذات سقاطة من شأنها فتح المفتاح مباشرة ومنع سير التيار فى الدائرة

أما المقاومات فتوضع بالتوالى فى دوائر ملفات مغناطيس المولدات وحيث أن ملفات مغناطيسية هذه المولدات تتنبه غالبا من تياراتها فيكون فعل هذه المقاومات هى زيادة او تقليل مغناطيسية هـذه المولدات وذلك بتقليل او زيادة المقاومة الموضوعة في دوائرها

وحيث أن ضغط التيار المتولد بآلة الدينامو يتعلق على مغناطيسية هذه الآلة فاذا ازدادت مغناطيسية هذه الآلة ازداد ضغطها والعكس بالعكس

وتكون هذه المقاومات فى الحقيقة المنظمة لضغوط المولدات

وشكل (٢٩٦ ا) يبين المنظر الأمامى للوحة توزيع مولدين

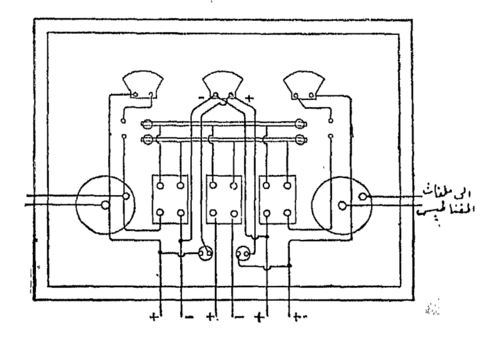


شكل (٢٩٦- ١)

مركب عليهامفتاح ومقاومة منظمة وقاطع الدائرة وأمبير مترلكل

مولد وفولتمتر واحد ذي دائرتين بالتوازى على طرفي دائرةالمولد (ا) ٯ المولد (حـ) يستعمل ليسجل ضغط أى منهما وأيضا مفتاح توصيل عمومى (ب) لدائرة الحمل

وشكل (٢٩٦ ب) يبين المنظر الخلفى للوحة التوزيع هذه ومنه نرى كيفية توصيل هذه الاجهزة بدائرة كل مولد



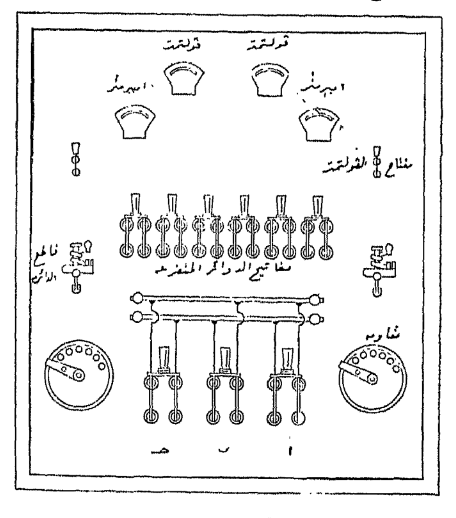
(شكل ٢٩٦ ب)

فمثلا دائرة المولد (ا) تتصل بالأمبيرمتر فقاطع الدائرة فالمفتاح فالسلكين العموميين ومتصل بالتوازي معها دائرة الفولتمتر وكذلك دائرة المولد الثانى (ج)

ومن السلكين العموميين تتفرع دائرة الحمل المحكومة بواسطة مفتاح آخر (ب)

وأما المقاومة فتتصل بدائرة ملفات مغناطيس المولد

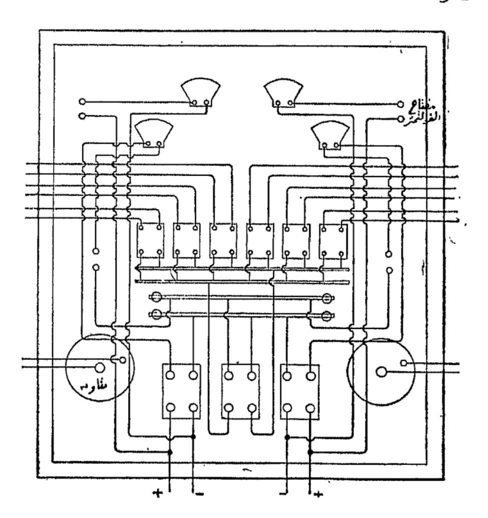
وشكل (١٢٩٧) يبين المنظر الامامى للوحة توزيع مولدين متفرع منها ستة دوائر حمل ولكل دائرة من هذه مفتاح خاص بها ويلاحظ من الشكل أنه يوجد لكل مولد مفتاح ومقاومة منظمة وقاطع الدائرة وأمبيرمتر وفولتمتر



شكل (١٢٩٧)

ويوجد ايضا مفتاح توصيل عمومى ليوصل تيار السلكين العموميين اللذين يتصل بهما تيار المولدين بسلكين عموميين آخرين لتتفرع منهما دوائر الحمل

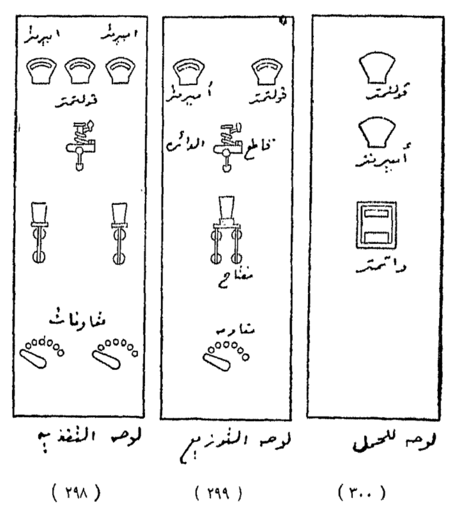
وشكل (٢٩٧ ب) يبين التوصيلات الخلفية لدوائر الحمل والمولدات



شكل (٢٩٧ ب)

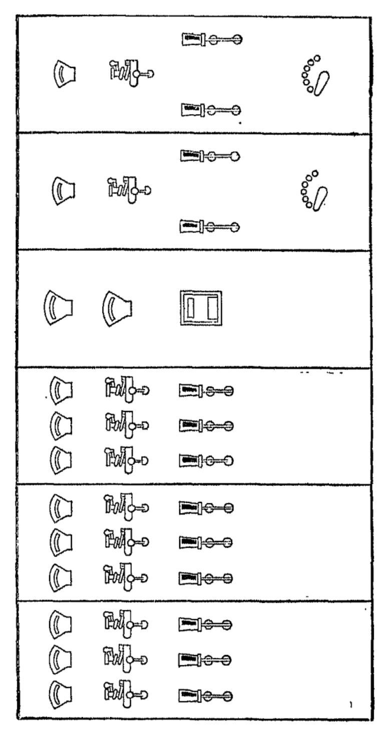
ويلاحظ أنه يوجد دائما سلكان عموميان ولكن في أحوال

أخرى يوجد ثلاثة سلوك عمومية منها سلك التعادل كحالة التوزيع بثلاثة سلوك أو حالة ما اذا كانت تيارات المحطة متولدة من مولدات مركبة وسنشرح هذا بعد في الجزء الثانى

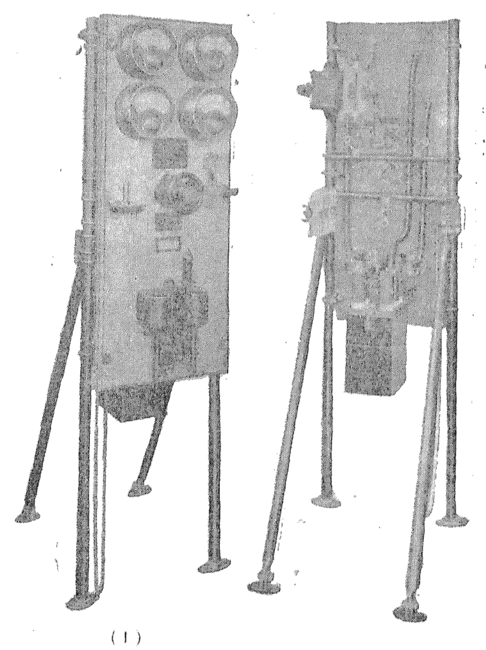


لوحة للحمل (٣٠٠) — لوحة التوزيع (٢٩٩) — لوحة التغذية (٢٩٨)

وقد وجد أنه من المستحسن عمل لوحة التوزيع من جملة قوائم مستقلة توضع بجوار بعضها كل منها تكون خاصة بعمل معين



(شكل ٣٠١) لوحة توزيع مكونة من جملة قواطع



(١)

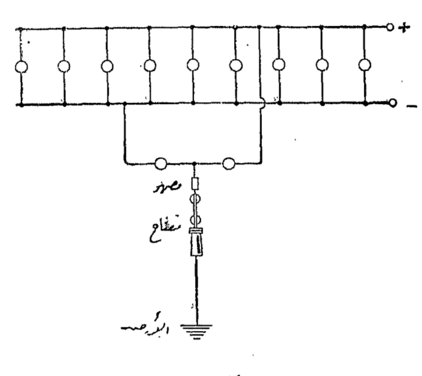
(شكل ٣٠٢)

منظر أمامى لقائم مولد
به مفتاح توصيل أتوماتيكى
مغمور فى حوض من الزيت

منظر خلفى لقائم مولد
مبين فيه كيفية توصيل الأجهزة

فمثلا كل مولد يكون له قائم خاص به ودوائر التغذية والتوزيع يكون لها أيضا قوائم خاصة بها وتوضع قوائم المولدات على اليمين وقوائم التغذية على اليسار وقوائم الحمل في الوسط

وقد تستعمل المصابيح لاكتشاف التيارات الهاربة للارض أو من حدوث القصر بين الأسلاك وتتركب في العادة من مصباحين متصلين بالتوالى على طرفى سلكى الحمل شكل (٣٠٣)



(شكل ٣٠٣)

ويتصل سلك من بين المصباحين الى مصهر فمفتاح فالارض ويكون ذلك بلحامه فى ماسورة المياه

فعند ما لا يكون هناك تيارات هاربة تكون اضاءة المصباحين متساوية في الشدة

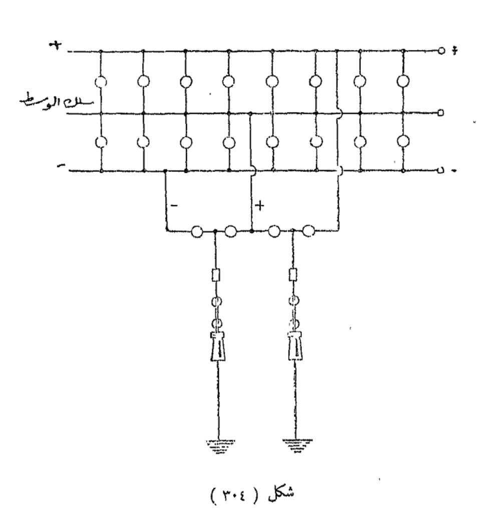
فاذا تلامس أحد سلكى الحمل بالارض تكون اضاءة المصباح المتصل بالسلك الآخر أشد من اضاءة المصباح المتصل بالسلك المتلامس مع الارض والعكس بالعكس

وقد تستعمل في بعض الأحيان الفولتمترات حيث تتصل بنفس الطريقة المتصلة بها المصابيح

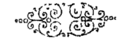
فاذا تلامس أحد السلكين بالارض يمر التيار بالفولتمتر فينحرف

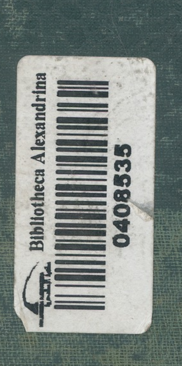
وشكل (٣٠٤) يبين توصيل مصابيح الاكتشاف في التوزيع بثلاثة سلوك

ويلاحظ أنه عند اختبار هذه السلوك يجب ان لا يقفل المفتاحان دفعة واحدة لئلا يحدث قصر في السلوك العمومية للتوزيع بل يختبر كل قسم على حدته



شكل (٣٠٤)




Bibliotheca Alexandrina
0408535